

DISEÑO DE ROBOT DE EXPLORACIÓN SEMI-AUTÓNOMO
INVESTIGACIÓN FORMATIVA

VÍCTOR ANDRÉS GRANADA PESCADOR
NICOLÀS ARISTIZÀBAL PULIDO

PROYECTO TECNOLOGÍA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
INGENIERÍA MECATRÓNICA
PEREIRA
2017

DISEÑO DE ROBOT DE EXPLORACIÓN SEMI-AUTÓNOMO.

AUTORES

VÍCTOR ANDRÉS GRANADA PESCADOR

NICOLÁS ARISTIZÁBAL PULIDO

PROYECTO TECNOLOGÍA

DIRECTOR

M.Sc. (C) ARLEY BEJARANO MARTÍNEZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
INGENIERÍA MECATRÓNICA
PEREIRA
2017

CONTENIDO.

	Pág.
RESUMEN	01
INTRODUCCIÓN.	02
JUSTIFICACIÓN.	03
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	05
II. OBJETIVOS.	06
III. ANTECEDENTES Y ALTERNATIVAS.	07
IV. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.	11
V. VISIÓN POR COMPUTADOR.	12
V.I PROCESAMIENTO.	12
VI ROS.	17
VII. KINECT.	20
VIII. RASPBERRY Pi.	22
IX. XBEE.	23
X. ARDUINO UNO.	24
XI. SLAM.	25
XII. NAVEGACIÓN AUTOMÁTICA.	26
XIII. DISPOSITIVOS SENSORIALES Y ACTUADORES.	28
XIII.I FOTORESISTENCIA LDR.	28
XIII.II SENSOR DE GAS.	28
XIII.III AMPLIFICADOR DE SONIDO.	29
XIII.IV SISTEMA DE TRACCIÓN (MOTORREDUCTOR).	30
XIII.V SISTEMA DE MANIOBRA PARA ATASCOS (SERVOMOTOR).	31
XIII.VI SISTEMA DE ILUMINACIÓN	31
XIV. SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL REMOTO.	32

XV. DISEÑO ELECTRÓNICO.	33
XV.I SISTEMA DE ILUMINACIÓN.	33
XV.II SISTEMA DE TRACCIÓN.	34
XV.III SISTEMA DE COMUNICACIÓN.	35
XVI. DISEÑO DEL SOFTWARE.	36
XVI.I ALGORITMO PARA LA RASPBERRY	37
XVI.II ALGORITMO PARA ARDUINO.	38
XVI.III ALGORITMO PARA EL MONITOR REMOTO (MATLAB).	39
XVII. EFICIENCIA ENERGÉTICA.	40
XVIII. DISEÑO MECÁNICO.	41
XVIII.I TRACCIÓN.	41
XVIII.II SISTEMA DE MANIOBRA PARA ATASCOS.	43
XVIII.III SISTEMA DE SUSPENSIÓN.	44
XVIII.IV TRANSMISIÓN DE POTENCIA.	44
XVIII.V UBICACIÓN Y PROTECCIÓN DE DISPOSITIVOS.	45
XIX. RESULTADOS Y DISCUSIONES.	47
CONCLUSIONES.	50
RECOMENDACIONES.	51
PRESUPUESTO.	52
BIBLIOGRAFIA	53

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – ROS.	17
Figura 2 - Kinect.	20
Figura 3 - Raspberry pi.	22
Figura 4 - Xbee pro.	23
Figura 5 - Arduino uno.	24
Figura 6 – Fotorresistencia	28
Figura 7 - Sensor de gas combustible MQ 7	29
Figura 8 - Sensor de gas toxico MQ 135	29
Figura 9 – Altavoz	30
Figura 10 – Matorreductor	30
Figura 11 - Mini servo.	31
Figura 12 - Diagrama general de conexiones. Diseñado con Microsoft Visio	33
Figura 13 - Sistema de iluminación. Diseñado con Microsoft Visio	34
Figura 14 - Circuito inversor de giro. Diseñado en Proteus.	34
Figura 15. Conexiones sistema de comunicación. Diseñado con Microsoft Visio.	35
Figura 16 - Algoritmo para Raspberry. Diseñado con Microsoft Visio	37
Figura 17 - Algoritmo para Arduino. Diseñado con Microsoft Visio	38
Figura 18 - Algoritmo para Monitor remoto. Diseñado con Microsoft Visio	39
Figura 19 - Batería de Li-Ion 12v 9000mAh.	40
Figura 20 - Oruga de goma. Diseñado en SolidWorks	41
Figura 21 - Arreglo banda. Diseñado en SolidWorks	42

Figura 22 - Rueda de transmisión. Diseñado en SolidWorks	42
Figura 23 - Ensamble tracción. Diseñado en SolidWorks	42
Figura 24 - PackBot.	43
Figura 25 - Brazo móvil. Diseñado en SolidWorks	43
Figura 26 - Ensamble brazos, Diseñado en SolidWorks	44
Figura 27 - Suspensión. Diseñado en SolidWorks	44
Figura 28 - Piñón y engranaje. Diseñado en SolidWorks	45
Figura 29 - Ensamble transmisión. Diseñado en SolidWorks	45
Figura 30 - Carrocería. Diseñado en SolidWorks	46
Figura 31 - Estructura mecánica completa. Diseñado en SolidWorks	46

RESUMEN.

Se diseña un sistema mecatrónico enfocado en la localización de personas víctimas de catástrofes naturales, para lo cual se implementaron diferentes sistemas electrónicos, mecánicos y de control, con el fin de hacer del sistema una herramienta útil y eficiente a la hora de brindar ayuda a los organismos de socorro para lograr de manera conjunta la disminución de víctimas mortales exclusivamente por el tiempo que tarda la labor de rastreo, por este motivo se presta especial atención a factores como lo son el lugar en que se va a desenvolver el robot y las posibles causas que pueden afectar su desempeño debido a cuestiones de entorno y movilidad, también se consideran técnicas de procesamiento que se ajustan mejor a ésta labor sin dejar a un lado la optimización de recursos en cuanto a tratamiento de información y autonomía, donde se pretende utilizar un Kinect como sensor principal para adquisición de información junto a las herramientas que ofrece ROS como sistema operativo para facilitar el tratamiento de información y a su vez para determinar acciones a tomar, además de poseer la ventaja de ser monitoreado desde un ordenador remoto por medio de comunicación inalámbrica que permite el intercambio de información sobre el entorno y el control del dispositivo por medio de un usuario si así lo requiere la ocasión; por lo tanto y sujeto a estrictos parámetros de funcionalidad y operación, se diseña un robot semi-autónomo como un complejo sistema mecatrónico con las herramientas necesarias para enfrentarse a las adversidades del ambiente y aun así poder lograr el objetivo principal de localizar personas en medio de un desastre medioambiental, implementando tecnología e ingeniería de alto nivel.

INTRODUCCIÓN

Como ingenieros, un aspecto muy importante a tener en cuenta es la puesta del conocimiento al servicio de la humanidad, logrando así derribar fronteras que se pueden presentar a causa de muchos factores y que a su vez impiden el desarrollo en cuanto a bienestar y seguridad, como en este caso es la dificultad de obtener sistemas avanzados que facilitan el rastreo de personas; este pensamiento fue el principal combustible para lograr concebir una idea que se enfoca en la integridad de las personas y de diferentes familias que han sido víctimas de pérdidas humanas debido a los limitados medios que se encuentran disponibles para evitar pérdidas humanas en gran proporción en cuanto a víctimas por falta de una rápida localización se trata, como las que suceden después de una catástrofe natural, por lo tanto, y bajo el deseo de poner en marcha el conocimiento y de hacer ingeniería, se ha optado por diseñar un sistema mecatrónico apto para facilitar el rastreo de personas que se encuentran perdidas en medio de un desastre a causa de un evento medioambiental y/o por fallas estructurales, para lo cual se ha tenido como referencia los autómatas que en la actualidad desempeñan estas labores y las estrategias que se han ido perfeccionando a lo largo del tiempo para realizar esta tarea en donde se ha analizado cuidadosamente lo mejor de cada uno de ellos para lograr integrarlo en un solo dispositivo, y además se han propuesto ideas para mejorar las falencias que éstos presentan, logrando así un sistema robusto y con las características necesarias para sortear terrenos inhóspitos y localizar víctimas oportunamente brindando ayuda a los organismos de rescate, alivio a las familias que ponen su esperanza en encontrar con vida sus seres queridos y teniendo como principal objetivo la disminución de la cantidad de víctimas mortales que ocurren en gran parte por el tiempo que tarda la búsqueda y también por la incertidumbre de no saber el lugar exacto en donde se encuentran las personas afectadas, gracias a esto, se puede hablar de un autómata para el rastreo de personas como un alivio para muchos, una solución para los problemas que tienen aquellos que dedican su vida a esta labor, una alternativa novedosa para optimizar recursos y revolucionar el campo del rescate humanitario, desarrollo para las regiones donde se implemente el sistema ya que se debe preparar un personal específico que sea apto para manipular este dispositivo, un avance en el tiempo de rescate y en las posibilidades de tener éxito en cualquier parte del mundo donde se presenten calamidades de tipo meteorológico y al alcance de los que lo necesitan; no obstante, existen factores que generan un panorama desalentador de esta visión, partiendo del escepticismo de muchos, la falta de recursos económicos y los

lugares y personal necesario para lograr lo que se pretende, sin embargo se ha optado por seguir las instrucciones y recomendaciones de aquellas personas que hacen de este, un dispositivo de mejoramiento a nivel de los retos que se presenten en su área de desempeño.

JUSTIFICACIÓN.

Se propone diseñar un sistema mecatrónico (Robot semi-autónomo) que cuente con las herramientas necesarias para crear mapas del entorno y que con base en estos pueda navegar de manera autónoma, que identifique señales características emitidas por seres humanos (calor) y que sean captadas mediante sensores y/o sistemas electrónicos de alta precisión para así detectar una víctima en medio de los escombros.

Luego de identificada la ubicación donde se encuentra la(s) persona(s), el robot deberá enviar tal información a los organismos o grupos de rescate que en el momento estén ejerciendo su labor y de esta manera el rescate pueda ser más eficiente.

De esta manera, un robot de exploración que pueda identificar la ubicación de una persona dentro de ambientes pocos accesibles y que permita la adquisición de esta información a los encargados para proceder con el rescate, se hace indispensable a la hora de disminuir la cantidad de víctimas que el simple ejercicio de la búsqueda de personas puede ocasionar.

Es importante aclarar que el diseñar un sistema con tantas exigencias es un paso que se hace necesario para evitar gastos extras que se sumarían si se trabaja netamente a prueba y error; ya que en un diseño se definen parámetros que se deben cumplir, se realizan simulaciones para verificar la funcionalidad, se prueban y combinan diferentes técnicas para mejorar el sistema y se le da mayor seguridad de operatividad al prototipo que se construya siguiendo los lineamientos planteados.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ejercicio de la exploración para el rescate de personas en lugares, posiblemente inestables, bajo el efecto de poca iluminación y/o con gases nocivos para la salud dispersos en el aire circundante, convierte la tarea de exploración en una actividad riesgosa para la persona o canino explorador. Es necesario aclarar que sin importar qué tan especializado sea el explorador, el riesgo de muerte o que éste también quede atrapado en el lugar siempre va a existir, ya sea por deshidratación, intoxicación, por alguna lesión debido a una caída o el desprendimiento de alguna parte de la estructura.

Además, se le agrega a la tarea de explorar, el objetivo principal que es el encontrar personas en el entorno y esto requiere tener los sentidos alertas para cualquier eventualidad, de tal forma que el explorador debe asegurar su bienestar y al mismo tiempo buscar personas bajo escombros, atrapadas, desmayadas, etc. hay que agregar que durante esta actividad, el tiempo es un factor imprescindible para la supervivencia de las personas que se encuentren atrapadas y también afecta a los posibles cambios que pueda tener la estructura y/o condiciones ambientales del entorno y bajo esta idea, el tiempo en el que se logra encontrar a un afectado se vuelve un juego de suerte que implica la capacidad de visión del explorador y a las barreras que interfieren en la búsqueda. En este orden de ideas, la exploración y rescate de personas se vuelve muy complejo y requiere de un sistema que disminuya el número de afectados y que propicie al rescate de personas en menor tiempo.

Surge entonces la pregunta: ¿Qué sistema mecatrónico se hace necesario diseñar, de tal forma que sea apto para obtener una ubicación precisa de personas que se encuentren atrapadas en medio de un desastre, teniendo en cuenta las exigencias del terreno y del medio sobre el cual se va a desenvolver?.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un robot semi-autónomo apto para maniobrar y rastrear personas que se encuentren atrapadas luego de una catástrofe natural.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar el diseño mecánico que mejor se adecue al ejercicio de exploración en ambientes inestables como los que se presentan luego de una catástrofe natural.
- Determinar el conjunto de sensores, actuadores y plataforma de control necesarios para el cumplimiento de la tarea del robot.
- Proponer un algoritmo de control basado en técnicas del estado arte.

III. ANTECEDENTES Y ALTERNATIVAS

A lo largo de la existencia humana se han presenciado un sin fin de catástrofes naturales que han dejado daños y víctimas en proporciones incalculables, con lo cual se ha podido identificar que gran parte de las principales dificultades que se presentan en dichos escenarios son las exploraciones de rescate, ya que después de una catástrofe natural disminuye la accesibilidad a los lugares donde se encuentran las víctimas y al mismo tiempo las condiciones climáticas que se presentan en el entorno se convierten en nocivas para el ser humano, direccionando el problema hacia la localización de las víctimas en base a las pocas herramientas que se disponen para esta tarea, lo deficiente que la exploración de un grupo de personas y/o caninos entrenados puede llegar a ser en estos ambientes y teniendo en cuenta los cuatro grandes grupos en los cuales se pueden encontrar las catástrofes naturales de gran proporción que generan grandes cantidades de víctimas anualmente y en los cuales se encuentran una gran variedad de escenarios y condiciones climáticas; los hidrológicos, meteorológicos, geográficos y biológicos, se presentan grandes inconvenientes a la hora de intentar ubicar los lugares exactos donde pudieran estar personas atrapadas o en peligro en medio de los terrenos de difícil acceso y observación para el hombre.

Además, si se consideran cifras reales, como las que se encuentran en una publicación hecha por el DNP (Departamento Nacional de Planeación) donde expresan una cifra estimada de 3.181 muertos y 12,3 millones de afectados por desastres naturales en Colombia, entre 2006 y 2014, se puede evidenciar que este es un problema que afecta a muchas personas y no sólo en este país sino en todo el mundo.

Una primera conclusión es que la población colombiana que sufrió algún tipo de afectación en el período 2006-2014 por desastres de origen natural es equivalente al 26% de la población nacional proyectada por el DANE para 2015.

Del cálculo de 48.203.405 habitantes, la cuarta parte ha resultado damnificada: 12.298.849. De esta cifra, sólo por inundaciones el total de personas afectadas es el 19% de la población calculada total: 9.390.554 de personas.

De acuerdo a esta misma información, para el período estudiado se reportaron en el país 21.594 emergencias generadas por eventos de origen natural, de los cuales 14.853 corresponden a eventos hidrometeorológicos, como se conocen a los generados por la acción violenta de los fenómenos atmosféricos. La principal causa de ellos son las inundaciones y los deslizamientos.

Tomando la cifra de 21.594 eventos que generaron emergencias, el promedio de reportes anuales fue de 2.399 eventos. De ellos, 14.641, que corresponden al 67,8%, se concentraron en el período 2011-2014.

Los departamentos que reportaron mayor número de personas afectadas han sido Bolívar (1.509.730), Chocó (1.305.965) y Magdalena (1.026.579).[1].

PIONEROS EN RESCATE CON ROBOTS

Debido a los grandes avances tecnológicos que se han obtenido a lo largo de la historia, en la actualidad se pueden encontrar muchos prototipos de Robots autómatas enfocados a la identificación de personas luego de una catástrofe natural, evidenciando que son de gran ayuda en el momento de realizar las tareas de exploración en ambientes hostiles, a continuación se presentarán algunos de los prototipos que se han utilizado en diferentes catástrofes naturales.

El 11 de septiembre del 2001 se presenció una de las primeras labores de búsqueda y rescate por parte de robots autómatas en el atentado contra las torres gemelas, tales hazañas fueron dirigidas por Robin Murphy (investigadora Estadounidense especializada en robótica de búsqueda y rescate) y su grupo de expertos, durante el tiempo que estuvieron activos inspeccionaron huecos de menos de 1 metro de diámetro donde un rescatista no podría acceder debido a que aún había fuego; los robots encontraron cuerpos a unos 20 metros bajo la superficie de escombros pero ningún superviviente, desde aquel 11 de septiembre es muy común utilizar robots de búsqueda en las situaciones de catástrofe, como los vehículos aéreos no tripulados que fueron enviados después de que ocurriera el huracán Katrina; los robots ayudan en un rescate tras un atentado o una catástrofe natural interactuando directamente con las víctimas y estructuras garantizando las medidas de apoyo y proporcionando imágenes y datos en tiempo real de la situación para ayudar a que sea más efectiva la acción de rescate; el motivo principal por el cual se usan robots de búsqueda y rescate es salvar la mayor cantidad de vidas posible algunas tareas que pueden realizar para ayudar a los equipos de rescate son: búsqueda en el interior de estructuras con peligro de derrumbe evitando así, poner en peligro más vidas humanas; extracción segura de escombros más rápidamente que de forma manual, inspección de estructuras permitiendo conocer la naturaleza de los escombros y comprobando si las zonas son seguras para avanzar, asistencia e intervención médica proporcionando medicación o elementos básicos para la supervivencia como lo es el agua, apoyo logístico transportando equipamiento, inspecciones de los entornos analizando los componentes químicos del aire la temperatura, la humedad, etc.

Robin Murphy, es una de las referencias en este campo de la robótica con muchas publicaciones, premios y reconocimientos a su trabajo, por lo tanto es inevitable conocerla cuando se habla de robots de rescate, ella y sus estudiantes fueron los que acudieron al punto cero del atentado del 11 de septiembre con diferentes robots, por ejemplo uno de sus prototipos está equipado con todo un sistema electrónico que es capaz de reconocer a las víctimas por medio de cámaras integradas que son monitoreadas desde un computador portátil, también tiene micrófonos para poder interactuar con la persona y comprobar si se encuentra consciente, de no ser así, también está equipado con un sensor de CO2 para

verificar si se encuentra respirando, y por último, si el rescate se prolonga por mucho tiempo, se envía un segundo robot para suministrar agua a la víctima. [2].

Vecna Bear Robot, es un autómata muy fuerte capaz de levantar hasta 225 kg, ágil, veloz y de aproximadamente del tamaño de un ser humano, está diseñado para elevar, transportar y depositar de forma segura una persona, está construido específicamente para rescatar una víctima de un área no segura y ponerla a salvo, pero también es capaz de elevar objetos pesados y transportarlos por grandes distancias y superar obstáculos como escaleras y terrenos no uniformes para después depositarlos de manera segura sin causar daños. [3]

El departamento de bomberos de Tokio-Japón utiliza un robot tele operado con el que pueden extraer una víctima de cualquier escenario de una forma segura para los bomberos, con la singularidad de que la máquina se traga a las víctimas para evacuarlas, una vez fuera de la zona de peligro, los bomberos o el personal sanitario se hacen cargo de la(s) víctima(s). [4].

EN COLOMBIA

Es pertinente dar a conocer que en Colombia el campo de la robótica en cuestión de equipos de rastreo autónomos no está muy desarrollado, sin embargo, de los prototipos existentes se seleccionaron los exponentes más significativos y útiles para realizar este tipo de tareas; aunque no hay un ranking que determine el orden de los robots dependiendo de sus características y cualidades, se dan a conocer en el siguiente orden; en primer lugar se encuentra un Robot autómata llamado RET (Robot de Exploración Terrestre) el cual posee unas características muy particulares como lo es su peso de 100 kg, su potencia de 20 caballos de fuerza con los cuales es capaz de remolcar el equivalente de un carro, además de ser el primer robot impulsado por un motor a gasolina y con un sistema de tracción por orugas que es capaz de superar casi cualquier obstáculo; es un ejemplar muy versátil en campos que permitan las dimensiones que posee este autómata, cabe resaltar que a pesar de sus características tiene una autonomía de tres horas y posee un complejo y muy completo sistema de circuitos de las más alta tecnología incluyendo una potente cámara cuya imagen se transmite al radio controlador que fue implementado por unos estudiantes de ingeniería electrónica de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, por ahora solo es un prototipo, no obstante los creadores de esta magnífica máquina de ingeniería siguen mejorando sus características con el fin de desarrollar un Robot autómata apto para investigaciones científicas, es preciso agregar que se pretende acoplar un brazo hidráulico a este robot. [5].

En segundo lugar se halla el “Curiosity”, Robot autómata desarrollado por estudiantes de la Universidad Autónoma con el propósito de efectuar la exploración en el planeta rojo (Marte) y con el cual se han conseguido

significativos avances en el campo de la robótica; el Robot ha llegado a estar en el podio de una competencia que realizó la NASA el University Rover Challenge que se celebra en el desierto de Utah, en Estados Unidos, ocupando el segundo puesto, sin embargo el equipo de 12 estudiantes se ha proyectado a ser vencedor mejorando su primer prototipo (el SCORPIO), para preparar la conquista de Marte; el Robot tiene una estructura tipo Rover y el diseño está basado en el Rocket Buggy, cuenta con doce motores, seis de los cuales están dirigidos al control de las llantas y los seis restantes al movimiento de la estructura y de su brazo poli funcional especialmente diseñado para recolectar muestras de vida extraterrestre entre otras tareas, los cables están escondidos en mangueras y hay cajas que guardan piezas eléctricas, un aspecto muy importante a tener en cuenta es que el robot trabaja con dos computadores que se comunican entre sí, uno es el mando y el otro está en el aparato, este recibe las órdenes y las transmite por medio de cables a los actuadores.[6]

IV. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Para que un sistema mecatrónico goce de cierta autonomía se deben tener en cuenta varios factores entre los cuales se encuentran: La función que va a desempeñar para así poder detectar las necesidades estructurales, mecánicas, electrónicas y de control que se requieren para brindar una solución concreta al problema, por lo tanto, en el diseño de un robot para el rastreo de personas se han tenido en consideración agentes como el diseño estructural, pensando en las condiciones severas de los terrenos a explorar, actuadores mecánicos capaces de proporcionar la potencia necesaria al robot, una etapa de control y un procesamiento óptimo de información que permitan una navegación deseada y enfocada a cumplir con el objetivo principal de detectar personas, para lo cual se requiere un sistema embebido o computadora que sea idónea para procesar la información de los sensores y a su vez que pueda controlar los movimientos del robot.

En este proyecto es importante resaltar que todos los dispositivos deben estar ensamblados en el robot ya que su esencia es ser autónomo y no debe estar sujeto a comunicación ni alimentación cableada que impidan el libre desplazamiento del mismo, además el sistema embebido o computadora debe elegirse de tal forma que sea lo más liviano posible ya que esto afecta el consumo de los motores de tracción y que pueda procesar toda la información existente en los sensores de manera óptima.

V. VISIÓN POR COMPUTADOR

Se puede definir la visión por computador como el campo de la inteligencia artificial enfocado a la extracción de información que una computadora pueda realizar a partir de imágenes, en donde se incluyen los procesos de obtención, el PDI (procesamiento digital imágenes), caracterización, modificación y/o análisis de las mismas. Estos procesos a su vez están subdivididos en cinco áreas principales:

- Adquisición.
- Pre procesado.
- Segmentación.
- Representación y descripción.
- Reconocimiento e interpretación.

Cabe resaltar que en el proceso de análisis de imágenes por computador, en muchos casos se encuentran incluidos procesamiento de imágenes para lograr extraer información muy específica del ambiente.

Siguiendo el orden anteriormente mencionado se puede decir que la adquisición es el proceso mediante el cual se obtiene una imagen. Posteriormente el pre procesamiento incluye técnicas tales como la disminución del ruido y realce de detalles que permiten aislar unas características particulares de la imagen. Por su parte la segmentación divide una imagen en objetos de interés. Para la obtención de características se implementa el proceso de descripción en donde se extrae el tamaño, perímetro y otras características propias del entorno que se está analizando y que son convenientes para diferenciar objetos entre sí. Luego se procede a la identificación de objetos mediante el reconocimiento y finalmente la interpretación la cual le asocia un significado a un conjunto de objetos previamente conocidos. Dependiendo de la complicación de la labor en la cual se vaya a implementar ésta técnica, es conveniente agrupar de manera estratégica éstas áreas. [7]

V.I. PROCESAMIENTO

Al hablar sobre procesamiento de imágenes se deben considerar tres aspectos:

- Visión de bajo nivel.
- Visión de nivel intermedio.

- Visión de alto nivel.

Estos tres niveles de procesamiento están conectados por una serie de etapas que como resultado final proporcionan una interpretación y categorización de una imagen permitiendo hacer uso de la misma en base a parámetros preestablecidos; Así, todos aquellos procesos primarios en el sentido de que pueden ser considerados reacciones automáticas sin requerir ningún tipo de inteligencia pueden ser asociados a la visión de bajo nivel donde como resultado quedan unos componentes intrínsecos de la imagen que posteriormente se asocian con la visión de nivel intermedio que es la encargada de extraer, caracterizar y etiquetar dichos componentes obtenidos, es decir, la visión de nivel intermedio involucra segmentación, descripción y reconocimiento; en última instancia se encuentra la visión de alto nivel que es la etapa donde se trata de dar una comprensión del material obtenido en base a procesamientos, y en donde su principal diferencia con la visión de bajo nivel y nivel intermedio es que estos últimos están regidos por algoritmos bien definidos, y por el contrario la comprensión y el conocimiento de los procesos de alto nivel son mucho más extensos y teóricos.

Dentro de la visión de bajo nivel se encuentran incluidas varias etapas, a continuación se procede a dar una descripción un poco más detallada de cada uno de estos procesos.

1. Adquisición.

Es pertinente partir del hecho de que es una computadora la que va a procesar la imagen, por lo tanto todo el material obtenido se debe digitalizar para que pueda ser procesado, el equipamiento necesario para la digitalización es lo que transforma una simple computadora en un sofisticado equipo de procesamiento de imágenes, por lo tanto no solo basta una buena captación y adquisición de la imagen sino que también es necesario un buen sistema que será el encargado de realizar la presentación de las mismas; debido a esto un digitalizador debe poseer cinco elementos fundamentales. El primero es un muestreador, que le permita acceder a cada píxel individualmente. El segundo elemento es el que le brinde la capacidad de recorrer toda la imagen por medio de un mecanismo de barrido. El tercer elemento es un transductor que mide la brillantez de la imagen en cada píxel. El cuarto elemento es un cuantizador que debe ser apto para convertir la señal eléctrica brindada por el sensor en valores enteros proporcionales a la intensidad de luz por píxel, comúnmente es un dispositivo electrónico conocido como conversor analógico/digital. En el quinto lugar del digitalizador se encuentra el medio de salida donde los valores entregados por el cuantizador se deben almacenar en un formato apropiado para que puedan ser procesados

posteriormente.

Entre las características más importantes de un digitalizador es apropiado nombrar las siguientes:

- El ancho del muestreo.
- El espaciado entre píxeles adyacentes (conocido como frecuencia de muestreo).
- El tamaño de la imagen que en la salida está determinado por el número máximo de líneas y el número máximo de muestras por línea.
- El parámetro físico que el digitalizador mide y cuantiza (transmitancia o densidad óptica).
- Linealidad de la digitalización.
- El número de niveles de gris y color.
- El nivel de ruido que se mide a través de una imagen constante de entrada

Este último es una medida de la degradación de la imagen.

2. Pre procesado

Principalmente en esta etapa lo que se busca es mejorar la apariencia de la imagen o resaltar algunas características específicas para realizar un mejor análisis artificial, por lo tanto los estándares de calidad de la imagen son muy dependientes de la utilidad de la misma y del tipo de tarea que se esté realizando con esta información, gracias a esto no existe una teoría unificada para el pre procesado, sin embargo, cabe resaltar que en la etapa de pre procesado se incluyen técnicas de iluminación para la eliminación de ruido y para el realce de detalles; por lo mismo, y en base a que en cualquier caso se debe dividir la imagen de acuerdo a unas características predefinidas, también existen técnicas como la bancarización y técnicas de detección de bordes para extraer la información de interés de la imagen; por lo tanto y en base a que existe un gran número de técnicas disponibles para el procesamiento, se deben utilizar las que se ajusten en mayor medida a los requerimientos y los fines de procesado que se tenga establecido.

A partir de estas etapas se da inicio a todos los procesos que conlleva la visión de nivel intermedio, como por ejemplo:

3. Segmentación

Con este proceso se busca realizar una partición de la imagen en regiones significativas para que posteriormente la descripción, reconocimiento e interpretación de estas regiones sean realizadas con mayor eficacia, es muy importante resaltar que el término de regiones significativas depende exclusivamente del problema que se esté considerando, así, por ejemplo, no será de igual importancia las regiones que se seleccionen como significativas en el caso de escenas 3D, ya que el objetivo principal podría ser la identificación de regiones que pertenezcan a objetos físicos diferente de otras aplicaciones como el reconocimiento espacial en donde la segmentación se podría enfocar al reconocimiento de zonas residenciales, agrícolas, terrenos naturales, etc.

Para un eficaz proceso de segmentación se debe tener en cuenta que las regiones a extraer deben poseer características distintivas.

Durante el proceso de segmentación pueden presentarse varios inconvenientes, principalmente en los límites entre regiones donde quedan píxeles indefinidos gracias a que la segmentación generalmente se hace en base al nivel de gris de un píxel, lo que puede llegar a generar confusión cuando una región no cumple con parámetros específicos para que sea categorizada dentro de una grupo, sin embargo para procesos más complejos se utilizan diferentes variables para que sea más precisa la forma de segmentar.

Las técnicas utilizadas en segmentación se pueden clasificar como,

- de discontinuidad
- de similitud

Con la primera técnica se obtienen los píxeles de los contornos y así mismo de las regiones, por el contrario con la segunda técnica se obtienen las regiones y con ello los contornos.

4. Representación y Descripción

Posterior a la segmentación y a la información allí obtenida se procede a convertir estos datos en información entendible para el procesamiento por computadora, ya que después de la segmentación lo que se obtiene son píxeles en bruto que pueden constituir contornos de una región, o bien todos los puntos de una región, por lo que llega el momento de tomar una decisión como lo es, los datos que se van a representar se harán como un contorno o como una región completa, en este punto entra en juego la finalidad del procesamiento, ya que si el objetivo radica en las características de forma exterior, como esquinas o inflexiones es

mejor hacer una representación por contorno; por el contrario, si lo que se desea es reconocer propiedades internas como la textura o estructura de un objeto es más pertinente realizar una representación regional. Sin embargo, en algunas aplicaciones ambas representaciones coexisten. Esto ocurre en las aplicaciones para el reconocimiento de caracteres, que a menudo requieren algoritmos basados en la forma de los bordes, así como en la estructura y otras propiedades internas. No obstante la representación sólo es una opción para representar de manera más eficaz la información en bruto que se obtuvo mediante la segmentación, ya que también debe especificarse un método para resaltar rasgos de interés, por su parte la descripción, también denominada selección de rasgos, consiste en extraer rasgos con alguna información cuantitativa de interés o que sean fundamentales para diferenciar una clase de objetos de otra.

Para lograr culminar con un buen procesado de imágenes y conseguir extraer su máxima información, se debe hablar del reconocimiento e interpretación de la misma y aquí es donde entra a hacer parte la visión de alto nivel.

5. Reconocimiento e Interpretación

Como última etapa del procesamiento digital de imágenes, en el reconocimiento se encuentra la asignación de etiquetas a objetos en base a la información proporcionada por los descriptores, mientras que por su parte, la interpretación implica la asignación de significado a un conjunto de objetos reconocidos.

Por lo tanto se debe tener muy claro los objetivos que se pretenden alcanzar, ya que esta etapa puede ser tan compleja como lo requiera el proceso, pues el conocimiento de un dominio del problema está codificado en un sistema de procesamiento de imágenes con una base de datos de conocimiento, y en algunos casos este conocimiento puede llegar a ser tan simple como detallar las regiones de una imagen donde se sabe que se ubica información de interés, limitando así la búsqueda que se debe realizar para hallar tal información, sin embargo la base de conocimiento también puede ser muy compleja como por ejemplo en la inspección de materiales donde existe una lista que está interrelacionada con todos los posibles defectos que se puedan presentar en el producto, por lo tanto, el grado de complejidad y las técnicas que se deben realizar para un procesamiento de imágenes está directamente relacionado con el grado de dificultad y exigencia del proceso. [8]

VI. ROS

ROS (En Inglés Robot Operation System) o también Sistema operativo Robótico, es un Framework o infraestructura flexible de trabajo para el desarrollo de software para robots que brinda la funcionalidad de agrupar diversas herramientas enfocadas en la simplificación del comportamiento complejo y robusto del robot a través de una amplia variedad de plataformas robóticas.



Figura 1: Ros

ROS provee los servicios estándar de un sistema operativo tales como abstracción del hardware (es un elemento del sistema operativo que funciona como una interfaz entre el software y el hardware del sistema), control de dispositivos de bajo nivel, implementación de funcionalidad de uso común, paso de mensajes entre procesos y mantenimiento de paquetes. Está basado en una arquitectura de grafos donde el procesamiento toma lugar en los nodos que pueden recibir, mandar y multiplexar mensajes de sensores, control, estados, planificaciones y actuadores, entre otros. La librería está orientada para un sistema UNIX (Ubuntu (Linux) es el sistema soportado aunque también se está adaptando a otros sistemas operativos como Fedora, Mac OS X, Arch, Gentoo, OpenSUSE, Slackware, Debian o Microsoft Windows considerados como experimentales).

ROS tiene dos partes básicas: la parte del sistema operativo, `ros`, como se ha descrito anteriormente y `ros-pkg`, una suite de paquetes aportados por la contribución de usuarios (organizados en conjuntos, llamados pilas o en inglés *stacks*) que implementan la funcionalidades tales como localización y mapeo simultáneo, planificación, percepción, simulación, etc.

ROS proporciona librerías y herramientas para ayudar a los desarrolladores de software a crear aplicaciones robóticas, abstracción de hardware, los controladores de dispositivo, bibliotecas, visualizadores, paso de mensajes,

gestión de paquetes y más, bajo licencia de código abierto BSD. Esta licencia permite libertad para uso comercial e investigador. Las contribuciones de los paquetes en ros-pkg están bajo una gran variedad de licencias diferentes.

Por lo tanto, el sistema operativo ROS se convierte en un herramienta muy poderosa a la hora de facilitar la comunicación usuario-máquina debido a la simplificación de tareas complejas como lo es la programación de un sector específico de funcionalidad del robot, lo que hace posible un avance más significativo en menor tiempo para lograr resultados ligeros con los cuales se puede brindar un desarrollo y mejoramiento eficaz del sistema; además con la implementación de ROS junto a dispositivos como la RaspBerry Pi y el Kinect, se logra obtener una mayor efectividad en la labor de exploración, reconocimiento de personas, obstáculos y navegación en entornos de desastre, ya que esto aliviana el procesamiento de tanta información que por otro medio sería muy tediosa, a la vez hace que el robot logre su objetivo con un mayor nivel de precisión y con una mayor autonomía en base a los consumos generados por estos componentes debido a que por otro medio, la transmisión, toma de decisiones y autonomía serían menores en cuestión de tiempo y consumo por las demandas de potencia que estos procesos requerirían.

Debido a las prestaciones que ofrece ROS y ligado a las necesidades que se generan en la tarea de exploración realizada por un robot, se darán a conocer las herramientas que ayudarán a que esta actividad se simplifique un poco, todo gracias a este sistema operativo.

Entre las librerías más comunes y herramientas que ROS ofrece a robots para simplificar tareas se encuentran las siguientes aptitudes específicas:

- Definición de mensaje estándar para Robots
- Librería de la geometría robot
- Lenguaje de descripción de robot
- ❖ Llamadas a procedimiento remoto
- ❖ Diagnóstico
- ❖ Estimación de la posición
- ❖ Localización
- Cartografía
- ❖ Navegación

Con el fin de enfocar las ayudas que ofrece ROS al propósito de exploración e identificación de víctimas en medio de una catástrofe natural se ampliarán los siguientes aspectos que hacen del robot un sistema más robusto.

LLAMADAS A PROCEDIMIENTO REMOTO

Es un programa que utiliza una computadora para comunicarse con una máquina u otra computadora y hacer que esta ejecute un código, particularmente la computadora que envía la orden no se debe preocupar por las comunicaciones entre ambas debido a su protocolo de comunicación que sobrepasa los sockets de internet usados hasta el momento que utilizan protocolos TCP/IP que son a su vez protocolos de transmisión y protocolos de internet y en donde su medio de transmisión de información queda definido como un par de direcciones IP, una local y una remota, un protocolo de transporte; de esta manera las comunicaciones por medio de este procedimiento quedan encapsuladas dentro de las RPC (Remote Procedure Call) por medio de diferentes protocolos entre los cuales está el ONC RCP, DCE/RPC, DCOM. ROS proporciona acciones a tal fin. Dichas acciones son como los servicios excepto que pueden reportar los avances antes de devolver la respuesta final y pueda ser anulada por el llamador.

DIAGNÓSTICO

ROS proporciona una forma estándar para producir, recopilar y añadir diagnósticos globales sobre el robot para que, a simple vista, se pueda observar el estado del robot y determinar la forma de abordar los problemas a medida que puedan aparecer.

ESTIMACIÓN DE LA POSICIÓN, NAVEGACIÓN Y LOCALIZACIÓN.

Existen problemas que se han convertido en clásicos entre la robótica, sin embargo el hecho de que sean comunes no quiere decir que no sean relevantes, por el contrario, cuando se habla de la estimación de la posición, navegación en un mapa, construcción de un mapa e incluso la navegación móvil, no se habla de un simple problema, sino de un gran inconveniente en la robótica que ROS ha logrado solucionar con paquetes específicos para contrarrestar estos inconvenientes. [9]

VII. KINECT

Dispositivo desarrollado por la compañía de tecnología Microsoft junto a PrimeSense quienes fueron los pioneros en la base de esta tecnología. La Kinect es una super cámara que realiza la adquisición de la información y el pre procesamiento de una manera óptima y que se considera una herramienta para aplicaciones en visión por computador muy potente, ya que tiene la característica de identificar y procesar rasgos faciales, movimientos corporales, objetos pequeños, hasta de un mínimo de 2,5 cm y a distancias entre 0.35 m y 4 m e incluso con capacidad para procesar voz. Cuenta con sensores infrarrojo que permiten el funcionamiento incluso con escasa luz, cuenta con una cámara TOF (Time Of Flight) la cual es una cámara 3D que envía señales ópticas moduladas que iluminan el entorno y cada uno de los píxeles determina la distancia de la cámara al objeto de forma muy precisa con respecto al tiempo, tiene un sensor CMOS RGB que proporciona características de color y profundidad, un motor para el control del ángulo de inclinación y un puerto USB para establecer comunicación. [10]



Figura 2. Kinect

Básicamente, con la implementación de una Kinect se solucionan todo tipo de problemas de navegación que se podrían tener si se utilizan sensores ultrasónicos, infrarrojos y ópticos comerciales, sin mencionar el filtrado y el procesamiento de los millones de bits que adquieren los sensores incluidos en este dispositivo.

Una de las grandes ventajas del Kinect es que permite la obtención de información del entorno con poca luz y este factor es importante en el cumplimiento de los objetivos del proyecto por obvias razones, sin embargo también existe un factor

importante que genera interferencias en este sensor y es la luz con la misma longitud de onda que la que se emite para obtener las imágenes; esto se da cuando hay focos de luz en el entorno, por tanto, bajo esta premisa se basa la justificación de que el robot no sea totalmente autónomo ya que para estos casos requiere de un control remoto por una persona.

En este orden de ideas se plantea extraer las imagen de profundidad que es la que permite generar un mapa o representación tridimensional del entorno de una manera más cómoda ya que el chip integrado en el Kinect facilita esta operación al diferenciar la distancia de objetos, entregando un paquete de datos de información de (320X240)píxeles por 16 bits para procesar una imagen de 640x480 píxeles con tres canales (RGB) donde entre más rojo sea un píxel, esta estará más cerca de la cámara, de esta manera se puede se puede procesar la información con mayor eficiencia, mediante un algoritmo que analiza en primera instancia si la calidad de las imágenes proporcionadas por el Kinect con óptimas para realizar la creación de los mapas de navegación, según el resultado del análisis, se decide activar el sistema auxiliar de control remoto o seguir con el procesamiento de la imagen de manera automática, de ser la segunda, se procede a leer las imágenes de profundidad y realizar un pre procesado para eliminar cualquier clase de ruido. La idea es obtener el contorno de los objetos más cercanos con el fin de crear un mapa del entorno, es decir, segmentar las imágenes que se obtienen, para esto se debe realizar una serie de cálculos y extracción de información exacta de las imágenes.

VIII. RASPBERRY PI

Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida o (placa única) (SBC) de bajo costo, el diseño incluye un System-on-a-chip Broadcom BCM2835, que contiene un procesador central (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz (el firmware incluye unos modos “Turbo” para que el usuario pueda hacerle overclock de hasta 1 GHz sin perder la garantía), un procesador gráfico (GPU) VideoCore IV, y 512 MiB de memoria RAM (aunque originalmente al ser lanzado eran 256 MiB). El diseño no incluye un disco duro ni unidad de estado sólido, ya que usa una tarjeta SD para el almacenamiento permanente; tampoco incluye fuente de alimentación ni carcasa.

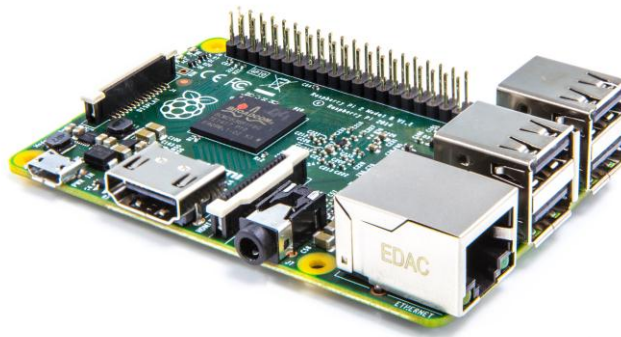


Figura 3. Raspberry Pi

Cabe resaltar que fuera del soporte que brinda la fundación para diferentes plataformas, se promueven diferentes lenguajes de programación como lo son Python, Tiny BASIC, C y Perl; y dentro de la variedad de plataformas se encuentran las arquitecturas ARM, Raspbian (derivada de DEBIAN), RISC OS, Arch Linux ARM (derivado de Arch Linux) y Pidora (derivado de Fedora)

Hablando un poco más sobre el Hardware de la Raspberry Pi, es importante decir que no cuenta con un reloj en tiempo real, por lo que o bien el usuario establece la hora en el momento de iniciar el sistema o se usa un servidor para obtener la hora en red, aunque existe una tercera opción la cual es agregar un reloj de baterías mediante el uso de la interface I2C. [11]

IX. XBEE



Figura 4. Xbee- pro

Los Xbee son pequeños chips que poseen la cualidad de comunicación serial inalámbrica a largas distancias entre ellos, lo cual los hace excelentes a la hora de ser implementados en vehículos radio controlados, además ofrecen soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto); o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto). Fueron diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. [12].

X. ARDUINO UNO



Figura 5. Arduino Uno.

Para generalizar se debe entender que el Arduino como plataforma electrónica programable facilita procesos de adquisición de datos y que su código abierto hace de ésta una herramienta muy versátil para implementar sensores y dispositivos de comunicación de manera sencilla, teniendo la utilidad de leer entradas de diferentes fuentes para generar salidas con parámetros preestablecidos que se enfoquen en realizar alguna acción.

Arduino ha sido una plataforma altamente utilizada a nivel mundial por innumerables personas gracias a la sencilla y accesible experiencia que ofrece a la hora de realizar proyectos que contengan un nivel de programación ya sea básico o avanzado ya que gracias a su flexibilidad permite dar solución a diferentes problemas. Se ejecuta en Mac, Windows y Linux y como herramienta educativa ha sido implementada por profesores y estudiantes para la construcción de elementos científicos con un bajo presupuesto con el fin de demostrar principios físicos y químicos o para adentrarse en el mundo de la programación y la robótica.

Arduino /Genuino Uno es una placa electrónica basada en el ATmega328P. Cuenta con 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar. [13]

XI. SLAM

SLAM, del Inglés Simultaneous Localization And Mapping, o en español: Localización Y Mapeado Simultáneos o también Localización y Modelado Simultáneos. Es una técnica usada por robots y vehículos autónomos para construir un mapa de un entorno desconocido en el que se encuentra, a la vez que estima su trayectoria al desplazarse dentro de este entorno.

El proceso del SLAM consiste en un cierto número de pasos: extracción de características, asociación de datos, estimación del estado y actualización de las características. La finalidad del proceso es usar el entorno para actualizar la posición del robot. Dado que la odometría del robot no es enteramente fiable, no es recomendable depender directamente de ella.

Esta técnica está muy relacionada con la odometría e instrumentación, las cuales son herramientas con las que se puede ayudar a predecir una posición en el espacio; sin embargo, para este caso, el Kinect como sensor principal será quien brinde la información que posteriormente será tratada para hacer un mapa de entorno y conocer la posición del robot dentro del mismo. [14]

XII. NAVEGACIÓN AUTOMÁTICA

En este aspecto, la navegación comprende varios conceptos que hacen del ejercicio de esta un tema algo extenso y complejo a la hora de implementarlo para la navegación en terrenos afectados por catástrofes. Uno de los conceptos importantes es la adquisición de la información del entorno que se soluciona por medio del Kinect, el pre procesado, procesado y segmentado de la información que adquieren los sensores, que en este caso son imágenes, la creación de mapas de entorno, la toma de decisiones para navegar en ese mapa y el tener presente la ubicación del robot en todo momento (SLAM).

Además, partiendo del hecho de que el robot se debe desplazar en un entorno inestable, cambiante y desconocido para el ser humano, como lo es una zona que se encuentre afectada por una catástrofe medioambiental y/o estructural, debe poseer la cualidad de ubicarse en este espacio y generar un mapa que lo oriente, sin embargo esta tarea no puede parecer tan complicada debido a que en muchos casos el robot está programado con el entorno en el cual va a estar, o el robot tiene una ubicación ya sea por GPS o visión global que lo ayuda a recrear el entorno a partir de su posición, sin embargo en el ejercicio de exploración en terrenos desconocidos, no se tiene información pre programada sobre el lugar donde va a operar y en otras no se tiene una orientación precisa del punto en que se encuentra el robot, por lo cual se ha recurrido a la investigación del SLAM (en español: localización y armado de mapas simultáneo), la cual es una herramienta que ayuda al autómata a conseguir un posicionamiento un poco más exacto en el entorno y a mapearlo de manera simultánea en espacios donde la información del medio sea desconocida.

No obstante esta técnica presenta dificultades por varios factores que principalmente se derivan por no tener acceso a un mapa del entorno y de no conocer su posición en el mismo y si se habla de un robot de exploración que se debe enfrentar a un terreno desconocido, donde su única orientación provenga de medidas entregadas por sensores o del movimiento propio, se generarían varias fuentes de incertidumbre lo que a su vez causa dificultad a la hora de estimar su ubicación, se puede deducir que al final el robot estará mal ubicado en el entorno y por lo tanto no podrá cumplir con su objetivo principal, por lo tanto a continuación se hará mención de algunos de los factores más relevantes que causan esta incertidumbre.

- Ruido de los sensores: generalmente los datos obtenidos de los sensores

presentan ruido.

- Desplazamiento impreciso del robot: El desplazamiento de un robot es no determinista por algunas razones, por ejemplo, si en el terreno donde se desempeña una llanta llega a deslizarse se generaría una imprecisión en el análisis de los movimientos mediante la odometría.
- Entorno dinámico: si el entorno sobre el cual se desplaza el robot es cambiante se dificulta la estimación de la ubicación del mismo debido a que el mapa confeccionado, si es que existe, quedaría desactualizado.

Por lo tanto, y como mecanismo para mejorar esta incertidumbre de posicionamiento, SLAM plantea una solución a la estimación de la posición del robot y el mapa del entorno como distribuciones de probabilidades. Tomado de [15]

Teniendo el contorno de los niveles más altos de la imagen en matrices, se realiza un algoritmo para activar los motores mediante un circuito inversor de giro, utilizando las ventajas que ROS ofrece para solucionar problemas de SLAM. De esta manera se conocerá la ubicación aproximada del robot en el mapa creado. Hay que resaltar que con el procesamiento realizado con anterioridad se logra obtener un mapa de navegación temporal con un rango de (35 a 100) cm de distancia y este se actualizará cada 3 segundos.

XIII. DISPOSITIVOS SENSORIALES Y ACTUADORES

XIII.I FOTORESISTENCIA LDR

Una fotorresistencia es un sensor de luz que varía la resistencia del material con el que está hecha, en una relación inversamente proporcional. Para obtener una variable que sea medible por la Raspberry Pi es necesario diseñar un transductor que en este caso es un divisor tensión y luego se debe realizar un proceso de amplificación para obtener mejor resolución y esto se puede lograr mediante programación. [16]

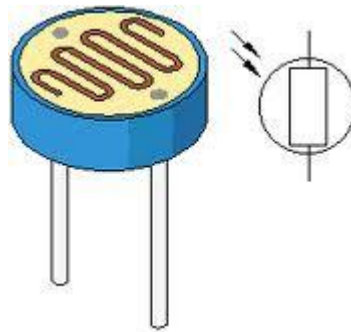


Figura 6. Fotorresistencia

XIII.II SENSOR DE GAS

Los sensores de gas son dispositivos que indican la presencia de gases tóxicos o combustibles, donde las propiedades y características de funcionamiento son muy variadas entre dispositivos, es por esta razón que se elige un sensor para combustibles y otro para tóxicos, de tal manera que se pueda conseguir en el mercado con mayor facilidad:

Sensor de gas combustible: Generalmente son sensores catalíticos o infrarrojos. En este caso se propone utilizar un sensor catalítico MQ 7, el cual es un sensor compuesto por dos bobinas de platino, encapsuladas en un material cerámico de alúmina, una de las dos partes funciona como referencia y la otra es el elemento activo, que hace variar la resistencia del material al ser oxidado por el efecto del contacto del gas y el calor producido por el flujo de corriente en la bobina activa y por medio de un transductor, este sensor entrega una señal de voltaje analógico que puede ser leída por un sistema microcontrolado y/o microprocesado.



Figura 7. Sensor de gas combustible MQ 7

Sensor de gas tóxico: En este caso se pretende utilizar un sensor de calidad de aire MQ-135 que permite la identificación de niveles de NH_3 , NO_x , alcohol, benceno, humo, CO_2 , entre otros gases tóxicos. Este sensor, al igual que el anterior, arroja niveles de tensión analógicos y su principio de operación es similar al MQ-9, con la diferencia de que las propiedades de los materiales de fabricación cambian. [17]



Figura 8. Sensor de gas toxico MQ 135

Cabe mencionar que el monitoreo del estado del aire en el entorno de exploración es un agregado muy útil, ya que con esta información se puede prevenir posibles intoxicaciones que incurran a los rescatistas luego de que el robot haya encontrado una persona y también puede servir para estar atentos de posibles explosiones que puedan ser ocasionadas por gas combustible.

XIII.III AMPLIFICADOR DE SONIDO

Un amplificador de sonido parlante es un transductor electro acústico que recibe energía eléctrica y la transforma en energía mecánica que mueve un cono

generando energía acústica por compresión y expansión del aire. Tomado de [18].

En el mercado existe una amplia gama de amplificadores, de los cuales se propone utilizar un módulo RB-02S093 que ya tiene su propio oscilador y circuito protector



Figura 9. Altavoz

Es necesario aclarar que este amplificador de audio se pretende utilizar para establecer comunicación remota en caso de que el robot haya encontrado a una persona, y mientras los rescatistas se dirigen hacia ese lugar, una persona en el monitor de control pueda servir de apoyo para la víctima.

XIII.IV SISTEMA DE TRACCIÓN

En el sistema de tracción es muy importante el valor de rpm que los motores entregan y por esto se deben elegir para que cumplan los requerimientos. En este caso se pretende diseñar un sistema de transmisión 3:1 que aumenta el torque a 3 veces el entregado por los motores (el diseño de la transmisión se puede ver en la sección de DISEÑO MECÁNICO). En este orden de ideas se propone utilizar el siguiente motorreductor que opera a 32 rpm y 6 Kg/cm de torque.



Figura 10. Motorreductor

Se propone utilizar dos motores, uno para cada lado, y la dirección se da al hacerlos girar en sentido contrario, uno con respecto al otro, de esta manera se consigue 4 posibles opciones; ambos girando hacia adelante, le permite avanzar, ambos girando hacia atrás, le permite retroceder, el motor de la izquierda girando hacia adelante y el otro girando hacia atrás, le permite girar hacia la derecha y el motor de la derecha girando hacia adelante y el otro hacia atrás, le permite girar hacia la izquierda. El ángulo de giro de regula con el tiempo en se alimentan los motores.

XIII.V SISTEMA DE MANIOBRA PARA ATASCOS

Se propone diseñar un sistema de maniobra para atascos que le permita al robot, seguir su trayecto cuando un desnivel del terreno u obstáculo que no puedo ser visto por el Kinect, se lo impide. Se acoplan 4 brazos que se giran por medio de servomotores (controlados con PWM) ensamblados en el chasis y se agrega un subsistema de tracción por oruga que giran bajo la misma transmisión de los motorreductores de tracción. Se pretende utilizar el siguiente servomotor:



Figura 11. Mini servo

XIII.VI SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Tener un sistema de iluminación en este robot es importante a la hora de realizar el monitoreo de la exploración de manera óptima, ya que las imágenes que se envían al monitor remoto se toman con la cámara RGB del Kinect y existe la posibilidad de que el entorno de exploración cuente con poca luz. Se pretende utilizar 4 diodos LED de 1 Watt acoplados a cristales refractivos que sirvan de óptica secundaria para asegurar un alto flujo lumínico.

Cabe resaltar que el sistema cuenta con un sensor de luz mediante una fotorresistencia (LDR) de tal forma que se regule una señal modulada en función de los datos obtenidos por el sensor y así obtener la iluminación correcta para lograr calidad de en las capturas de imágenes hechas por el Kinect.

XIV. SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL REMOTO

Aunque el diseño del robot se realiza con el fin de que tenga alto grado de autonomía, es importante que una persona monitoree mediante imágenes y variables físicas como el estado del aire en el entorno que rodea al robot y que además pueda tomar el control del mismo cuando crea pertinente hacerlo. Para esto se pretende realizar un algoritmo adicional que envíe imágenes cada segundo desde la cámara RGB del Kinect y la información de dos sensores de gas (uno para combustibles y otro para tóxicos) a un monitor remoto mediante el protocolo de comunicación Zigbee, utilizando un módulo Xbee y además que también pueda recibir información desde el monitor, de tal modo que el sistema cambie el modo de operación de autónomo a controlado y de esta manera pueda efectuar las órdenes que el monitor le envíe.

Es necesario diseñar el otro sistema de comunicación que en principio recibe las imágenes y las decodifica, para esto se pretende utilizar otro módulo Xbee que reciba los datos por radiofrecuencia y un Arduino UNO como interface y que decodifique la información recibida, mediante un cable USB conectado a un computador es posible visualizar las imágenes en utilizando Matlab. También se agrega una función para transmitir audio y el control del avance del robot mediante un switch que determinan el encendido o apagado del modo de operación y 4 pulsadores que controlan la dirección.

XV. DISEÑO ELECTRÓNICO

La conexión física entre la Raspberry y el Kinect se hace mediante un cable USB, por aquí se transmite la mayor cantidad de datos que se procesan y la comunicación es bidireccional, ya que el Kinect envía imágenes RGB y de profundidad y la Raspberry envía la respectiva señal para controlar el ángulo de inclinación. Con el sistema de comunicación se realiza utilizando comunicación serial RS-232 al llamar un pin Tx y otro Rx, en la Raspberry, esta comunicación es bidireccional por las razones ya explicadas. Para el sistema de iluminación, la comunicación es bidireccional, el sensor de luz envía una señal analógica a la Raspberry y esa envía una señal modulada a los LED's, en función de la información obtenida por el sensor. En el sistema de tracción se maneja una comunicación netamente unidireccional, ya que la Raspberry envía 4 bits en paralelo con las 4 posibles combinaciones al circuito inversor de giro. El amplificador de audio recibe las señales decodificadas por la Raspberry para producir el sonido, por tanto la comunicación es unidireccional y los sensores de gas envían las señales respectivas a la Raspberry para ser procesadas, por tanto es una comunicación unidireccional.

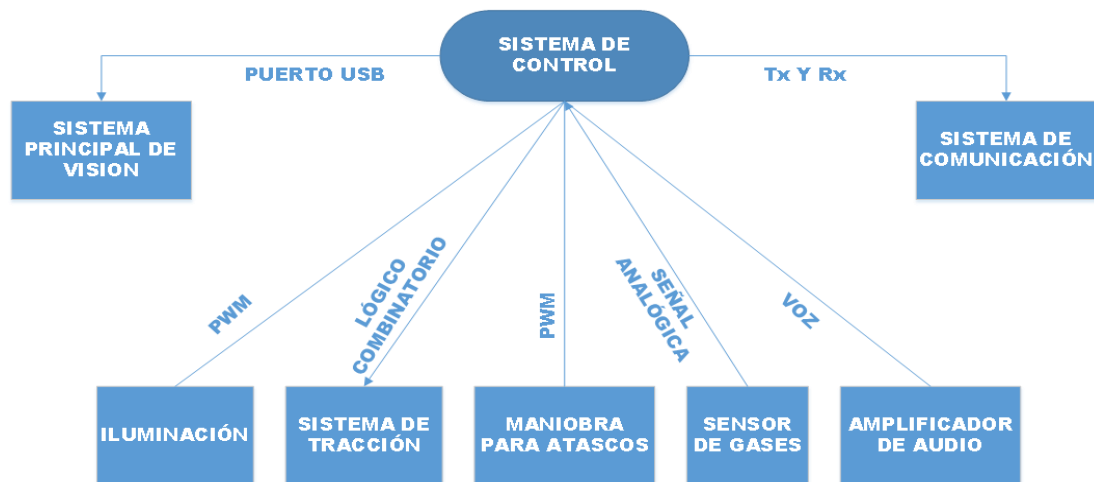


Figura 12. Diagrama general de conexiones sobre el robot

XV.I SISTEMA DE ILUMINACIÓN

El cambio de resistencia eléctrica de la fotorresistencia es transformado a cambio de voltaje mediante un divisor de tensión y se calibra con el valor de la resistencia que va a tierra, además, con esta configuración se invierte la relación que tiene la

variación de luz con el cambio de la resistencia eléctrica de la LDR. Los 4 diodos LED son conectados en paralelos y se alimentan con una señal PWM que envía la Raspberry Pi.

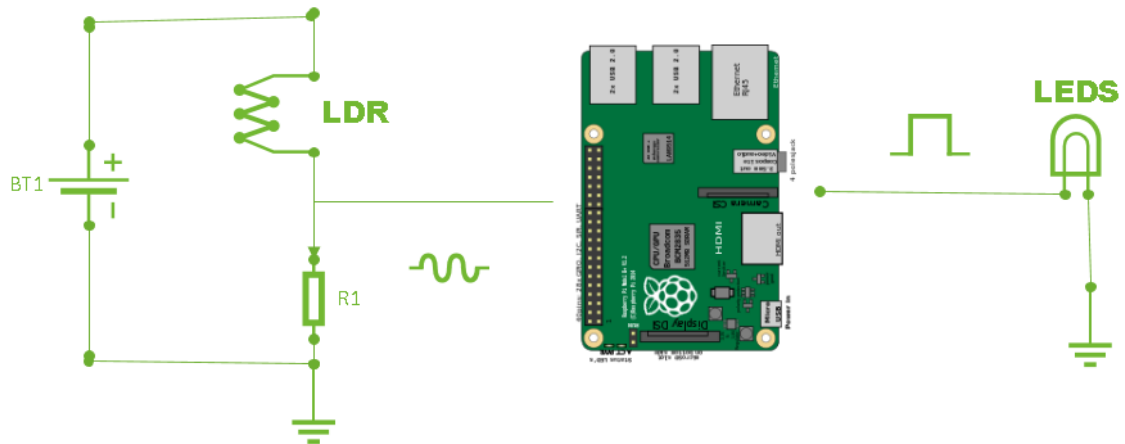


Figura 13. Sistema de iluminación

XV.II SISTEMA DE TRACCIÓN

Se propone el diseño de un sistema inversor de giro para el sistema de tracción utilizando dos relés por cada motor, como elementos de switcheo, agregando a cada uno de los 4 pulsadores (que son los elementos de control cuando el robot está en modo controlado), un optoacoplador que separa el circuito de potencia con la de control, ya que ese mismo nodo es compartido por 4 pines de la Raspberry Pi que realizan el control de la navegación del robot en modo automático

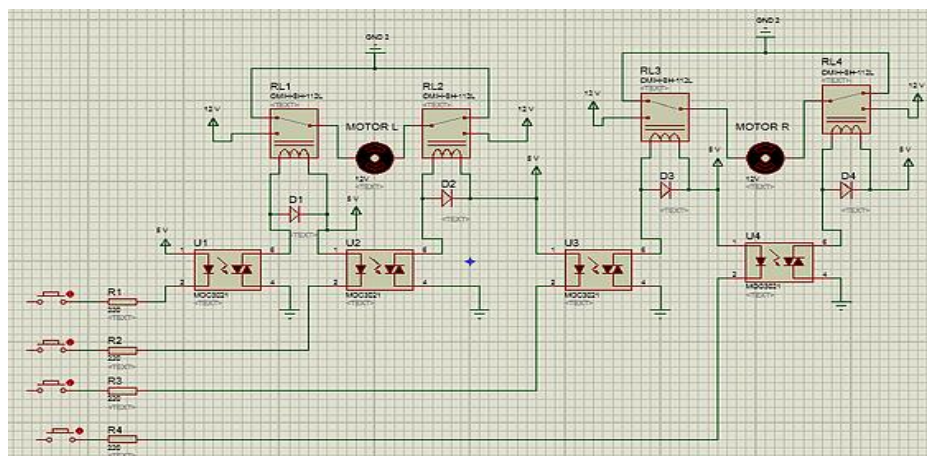


Figura 14. Circuito inversor de giro- PROTEUS

XV.III SISTEMA DE COMUNICACIÓN

La conexión entre el Arduino UNO y el computador se realiza mediante un cable USB, adicional se conecta un módulo Xbee al Arduino por medio de un pin Tx y otro Rx que se debe definir mediante programación para que no interfiera con la comunicación serial que se realiza mediante el cable USB. Por otro lado, también se realiza la misma conexión del segundo módulo Xbee con la Raspberry. Es necesario aclarar que se deben realizar las conexiones de alimentación y tierra para cada módulo Xbee y para el Arduino, la alimentación se hace mediante el mismo cable USB.

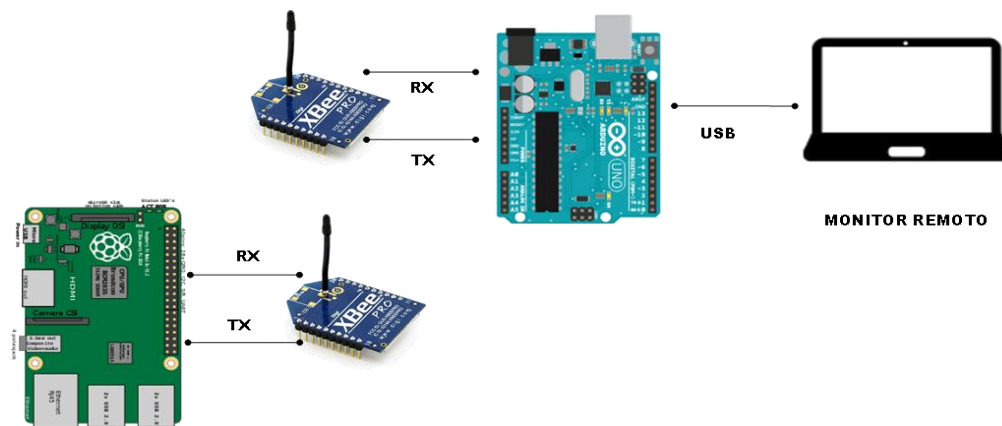


Figura 15. Conexiones sistema de comunicación

En el caso del sistema de maniobra para atascos, se eligen 4 pines PWM para controlar los cuatro servomotores y se realizan las respectivas conexiones a alimentación y tierra. Para el caso de los sensores de gases, se realizan las conexiones de alimentación y tierra y se conecta la señal de salida de los sensores a pines analógicos de la Raspberry y para el amplificador de audio se conecta la alimentación y la señal de audio que debe estar codificada para reproducir lo que la persona en el monitor remoto esté diciendo.

XVI. DISEÑO DEL SOFTWARE

Este sistema exige que se diseñen tres (3) algoritmos; uno para la Raspberry Pi y sus periféricos, el segundo para el Arduino UNO y sus periféricos y el tercero para el computador en el monitor remoto (MATLAB).

En el diseño de los algoritmos planteados se debe tener en cuenta como primera instancia, las configuraciones iniciales (SETUP), que es donde debe ir la declaración de variables, determinación de las condiciones iniciales de las mismas, configuración de los protocolos de comunicación, en este caso, Zigbee y serial RS-232 Y el llamado de las librerías y paquetes necesarios.

SISTEMA DE CALIDAD DEL AIRE: Esta función va contenida en la Raspberry y debe leer los datos de los sensores de gas tóxico y gas de combustión, realizarle el acondicionamiento necesario y enviar esta información al Arduino y este a su vez al monitor remoto, por otro lado, en el monitor remoto se debe leer esta información y visualizarla en una Guide de MATLAB.

SISTEMA DE ILUMINACIÓN: Esta función va contenida en la Raspberry y debe leer los datos del sensor de luz, realizarle el acondicionamiento necesario y determinar la señal modulada que debe alimentar los LED's para que las capturas de imágenes RGB sean claras.

SISTEMA AUXILIAR DE CONTROL: En el Arduino, esta función debe leer los datos del control remoto (4 pulsados de dirección) y enviarlos a la Raspberry, enviada la información, una función en la Raspberry debe leer la información que envía el monitor remoto y ejecutarla.

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN CON UNA BD PARA IDENTIFICAR CUERPOS HUMANOS: En primera instancia debe crearse una base de datos en MATLAB, luego se leen las imágenes se transmiten de la Raspberry al Arduino y del Arduino al monitor y se realiza una identificación aplicando un KNN para así notificar a la Raspberry si encontró o no una persona.

SISTEMA DE MANIOBRA: Esta función está contenida en la Raspberry y debe mover los brazos del robot siguiendo un patrón establecido, activar los motores de tracción y comparar mediante SLAM si ya pudo moverse o no.

SOLUCIÓN DE SLAM MEDIANTE LIBRERÍAS DE ROS: Para el mapeo y ubicación del robot en el lugar de exploración se ha optado por implementar

paquetes propios de ROS sobre el sistema operativo Raspbian-ROS que por medio de la información adquirida por el sensor principal (Kinect) hace la labor de mapeo de manera más eficiente ya que son herramientas propiamente diseñadas para realizar funciones de ese tipo.

XVI.I. ALGORITMO PARA LA RASPBERRY

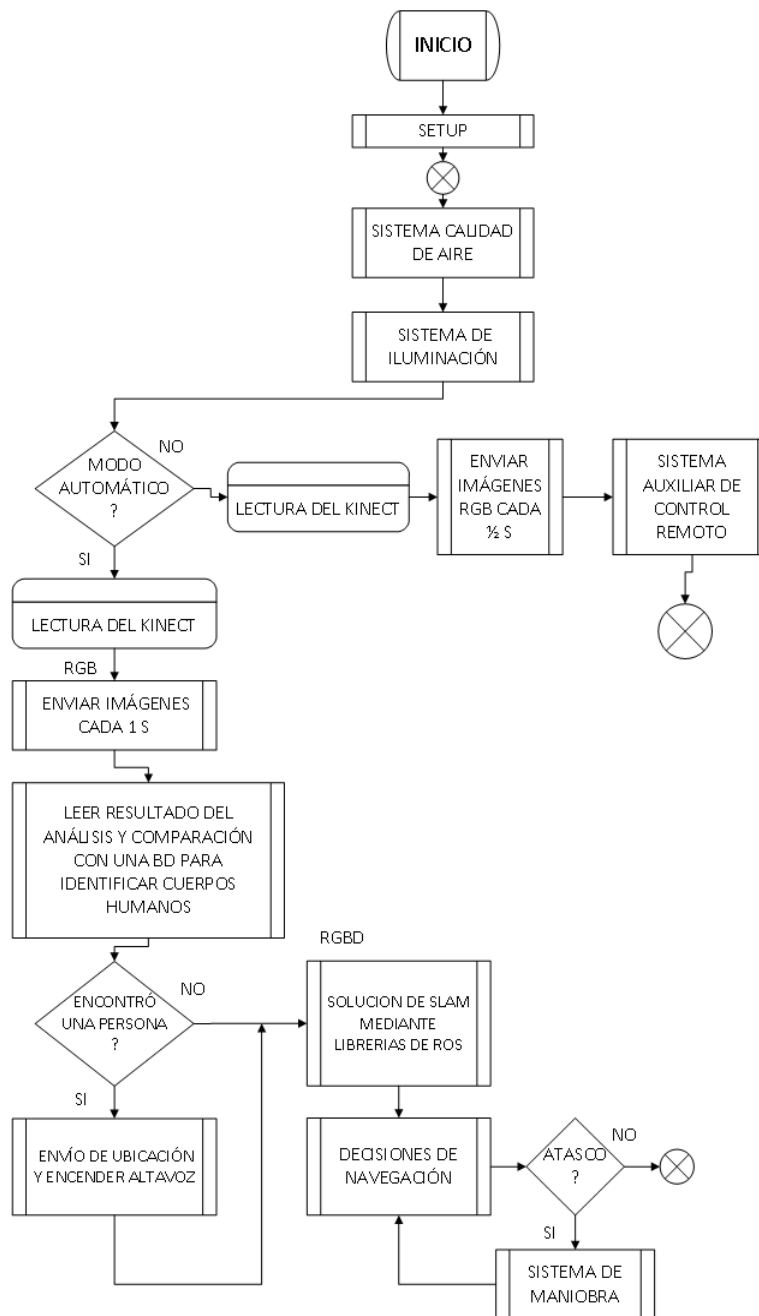


Figura 16. Algoritmo para Raspberry

XVI.II ALGORITMO PARA ARDUINO

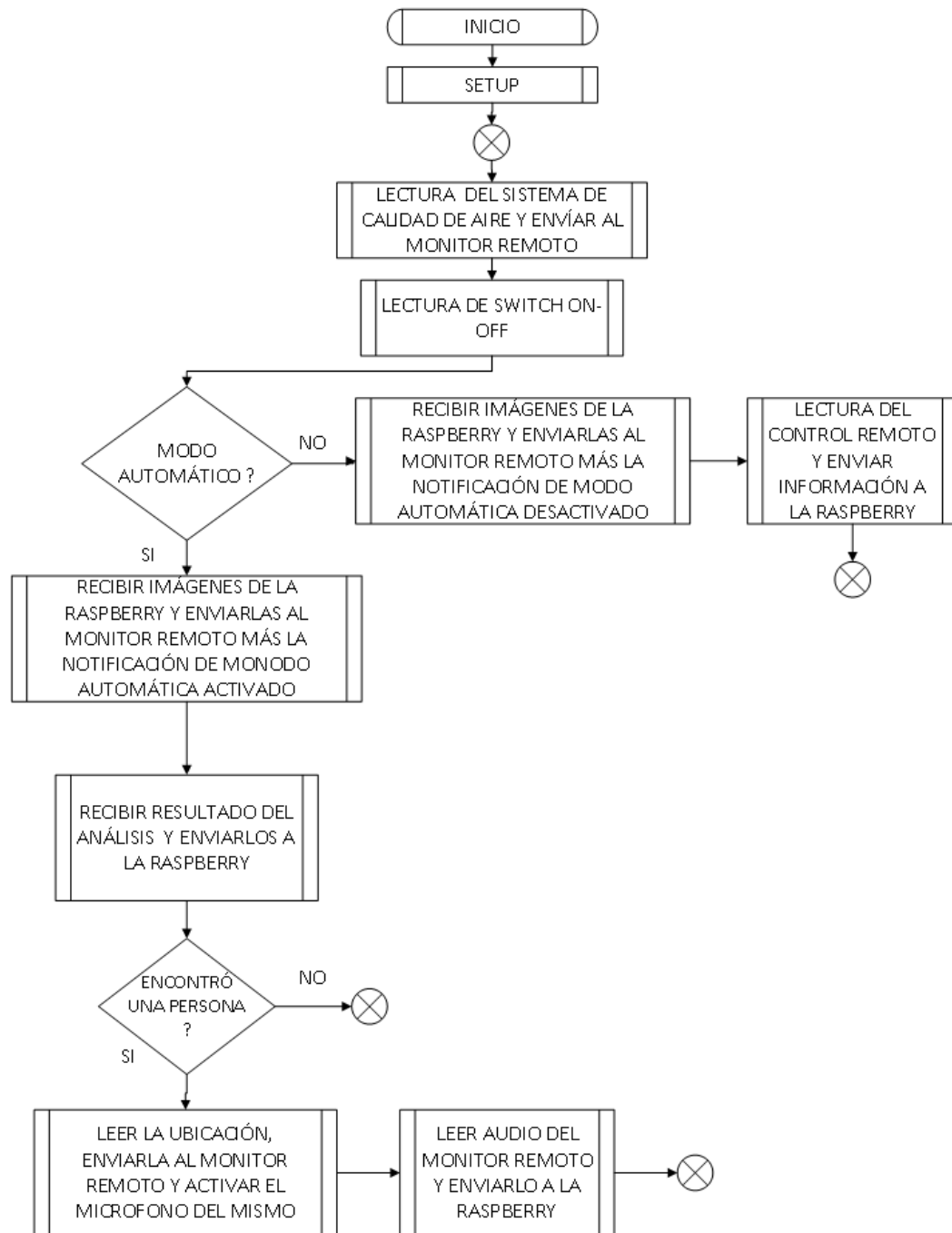


Figura 17. Algoritmo para Arduino

XVI.II ALGORITMO PARA EL MONITOR REMOTO (MATLAB).

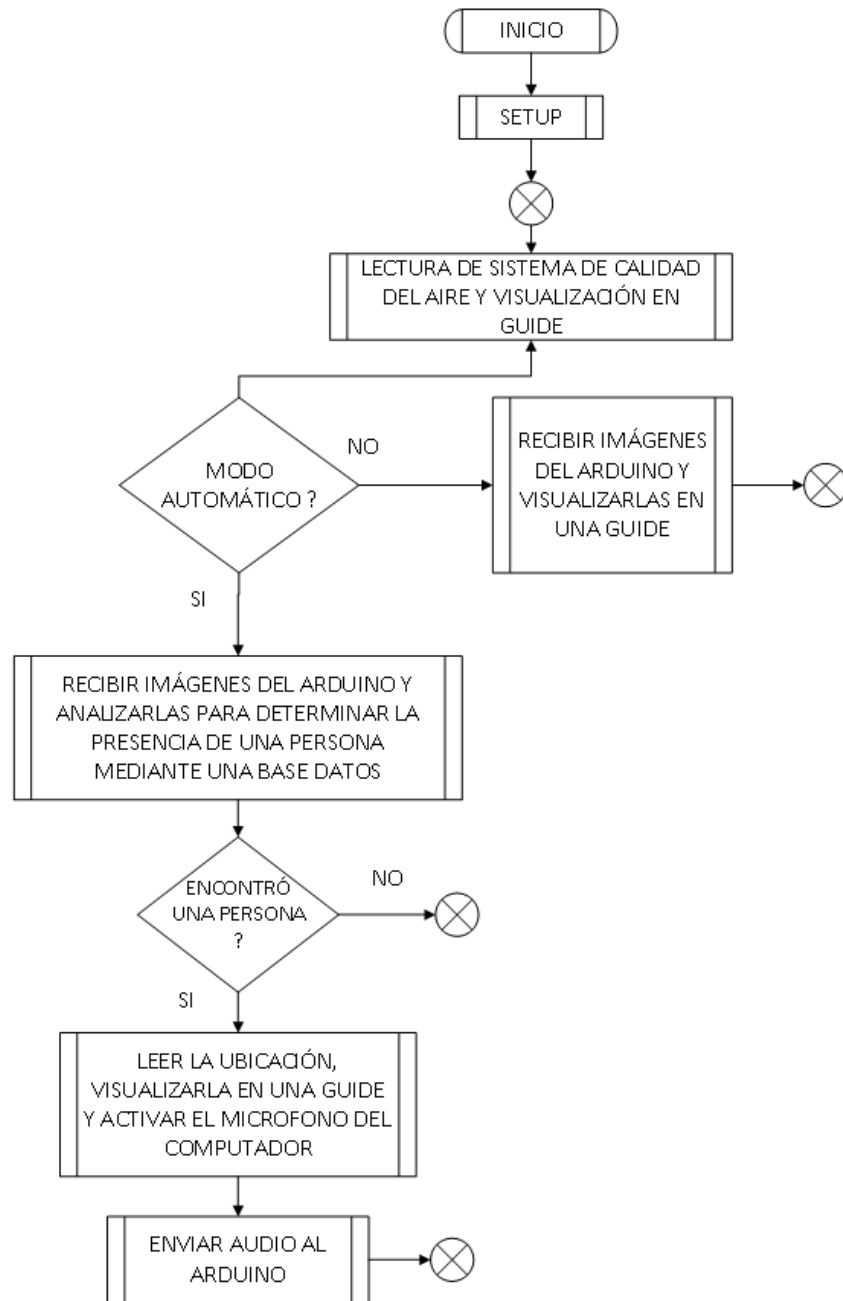


Figura 18. Algoritmo para Monitor remoto

XVII. EFICIENCIA ENERGÉTICA

El factor del consumo energético es muy influyente en el logro de los objetivos planteados para sistemas móviles y más aún para este robot de exploración que debe alimentar tantos dispositivos, además debido a la tarea que cumple y que uno de los objetivos es disminuir el tiempo para determinar la ubicación de personas atrapadas, se debe prevenir el desabastecimiento de energía en el sistema.

Por tal motivo se realiza el cálculo del consumo total de los dispositivos el cual da 5240 mA, sin embargo hay que tener en cuenta que no todos los dispositivos van estar funcionando al mismo tiempo, por lo tanto se procede a calcular el mayor consumo que puede requerir el sistema, dentro de las posibles combinaciones de dispositivos que pueden estar funcionando al mismo tiempo: para este cálculo se encontró un valor de 4020 mA.

Con los datos obtenidos se procede a buscar una batería que soporte tal consumo energético, además que debe entregar un nivel mínimo de tensión de 12V y se elige una batería que se adapte a los requerimientos.

Se eligió una batería recargable de Li-Ion a 12V / 9000 mAh , lo que le confiere al robot una autonomía mínima de 2 horas con 14 minutos.



Figura 19. Batería de Li-Ion 12v 9000mAh

Además, el diseño de un control de encendido y apagado para el sistema auxiliar de control remoto y para los servomotores, aumenta notablemente el tiempo de autonomía energética para el funcionamiento del robot. En este caso se pretende utilizar transistores a modo de configuración de compuerta NOT para controlar encendido y apagado de los dispositivos que lo requieran.

XVIII. DISEÑO MECÁNICO

El diseño mecánico es en esencia uno de los aspectos más importantes de este proyecto, ya que, aunque un sistema pueda ser eficiente en el procesamiento de la señal y los algoritmos de navegación sean los más sofisticados, se necesita una plataforma móvil que pueda efectuar en el entorno las decisiones que a nivel digital se realizan, pues el mundo virtual es idealizado y a la hora de realizar una acción, es posible que las leyes físicas no lo permitan.

XVIII.I TRACCIÓN

Debido a que los terrenos por los que el robot de exploración debe circular son inestables, llenos de escombros, lodo, orificios y cualquier característica que pueda definirse posterior a un derrumbe o desastre natural, se hace necesario operar con un sistema de tracción por orugas de goma agregando a la característica de que tienen alrededor del 98 % de eficiencia de tracción.

Aprovechando las ventajas que ofrecen las comunidades de diseñadores alojados en GRABCAD.COM se opta por descargar un modelo de banda tipo oruga de goma y escalar las medidas 1:10 ya que se necesitan para que este robot sea lo más liviano posible y pequeño, de tal forma que pueda navegar con eficiencia.

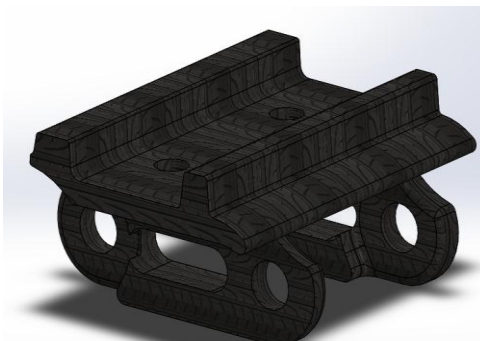


Figura 20. Oruga de goma

Con este modelo de banda oruga se hacen los arreglos en función de la distancia entre los centros de las circunferencias en donde se ensamblan y esto permite se pueda calcular cuántos elementos se necesitan ensamblar en serie para que el robot tenga las medidas requeridas.

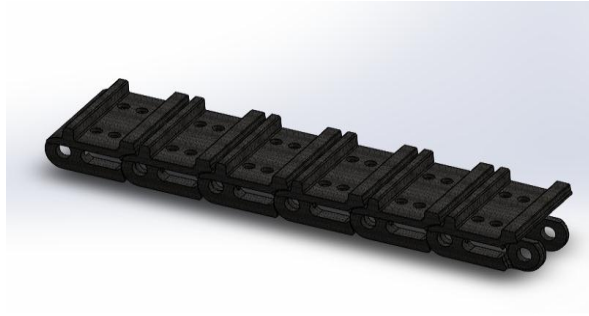


Figura 21. Arreglo banda

También se tomó las ruedas que se acoplan a las orugas y que fueron diseñadas por el mismo usuario, sin embargo, además de escalar la medida, se le agrega una ranura de chaveta para transmitir la potencia mediante ejes y se define el material como polietileno de mediana densidad.



Figura 22. Rueda de transmisión

Se diseñó una base de tal manera que el robot tenga las medidas requeridas para que haya suficiente espacio al momento de ensamblar los diferentes dispositivos que se eligieron con anterioridad, además se determina una medida entre la rueda delantera y trasera y se ensamblan los componentes de la siguiente manera.

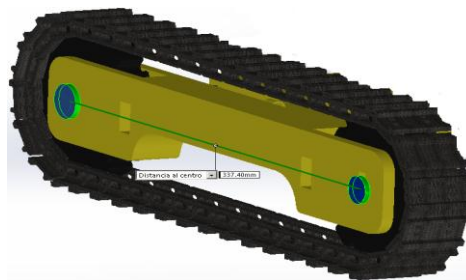


Figura 23. Ensamble tracción

XVIII.II SISTEMA DE MANIOBRA PARA ATASCOS

Se propone el implementar cuatro “brazos” acoplados al sistema de tracción que sean manejados mediante servomotores y que ayuden a desatascar el robot cuando este se vea imposibilitado para seguir avanzando, esta idea se tomó de un robot diseñado por [iRobot](#) para misiones de exploración y desactivación de explosivos al cual llamaron PackBot.[16]



Figura 24. PackBot.

Se implementó en este sistema agregando dos brazos más. Estos brazos se diseñaron de tal forma que permitieran el mayor grado de libertad de giro hacia ambos sentidos y se define el material como acrílico.

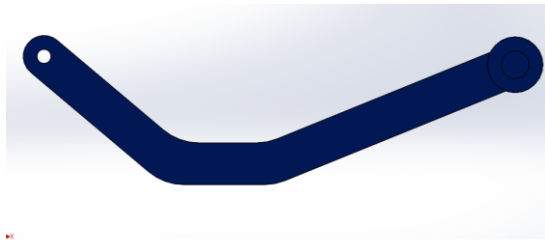


Figura 25. Brazo móvil.

Se procede a ensamblar los cuatro brazos, la banda oruga, dos ruedas de soporte y cuatro servomotores que serán los encargados de efectuar el movimiento de este subsistema, los cuales fueron descargados de Grabcad.com.

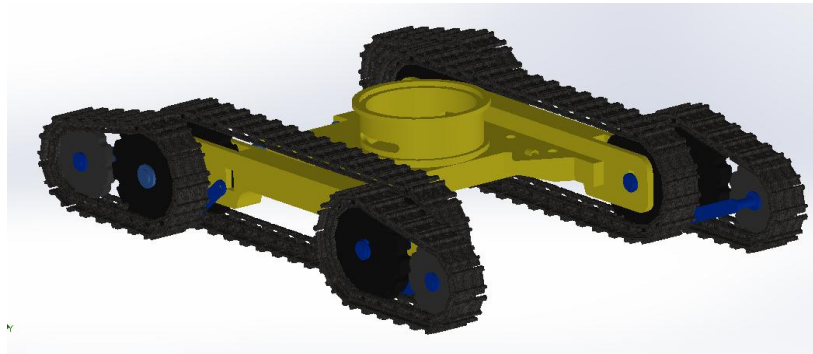


Figura 26. Ensamble brazos.

XIII.III SISTEMA DE SUSPENSIÓN.

Se necesita un sistema de suspensión para disminuir el movimiento que pueda ocasionar el desnivel del terreno ya que esto puede provocar que las capturas de imágenes en el Kinect se distorsionen. Se propone entonces un sistema de suspensión por muelle que esté en contacto con las bandas, se propone que sea fabricado con alambre para cuerda musical, las ruedas libre que sean fabricadas en polipropileno de baja densidad y el soporte mecánico o tubo donde irá enrollando el resorte, sea de polipropileno de mediana densidad y que sean ensambladas de la siguiente manera.

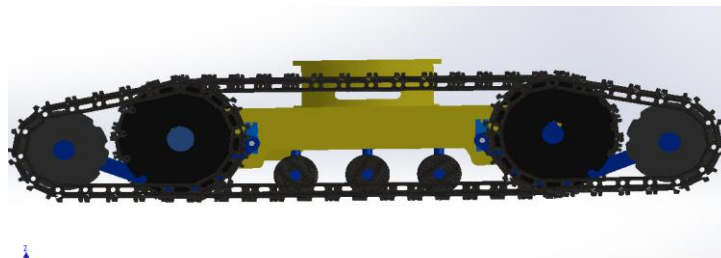


Figura 27. Suspensión

XVIII.IV TRANSMISIÓN DE POTENCIA

La transmisión de la potencia de los motores es un aspecto muy importante, esto implica el posicionamiento de los motores y la relación de transmisión que se requiere para que el robot pueda navegar de manera óptima. Se procede a diseñar los engranes mediante el toolbox de SolidWorks, al entrar en la sección de “transmisión de potencia / Engranajes” se eligió el engranaje recto y se determinaron las medidas basados en la relación de transmisión que se quiere que es 3:1 de tal forma que se le dé mayor importancia al torque que a la

velocidad, además se definió el material de construcción como ABE (acrilonitrilo-butadieno-estireno) recubierto con una capa de acero para darle mayor tenacidad.

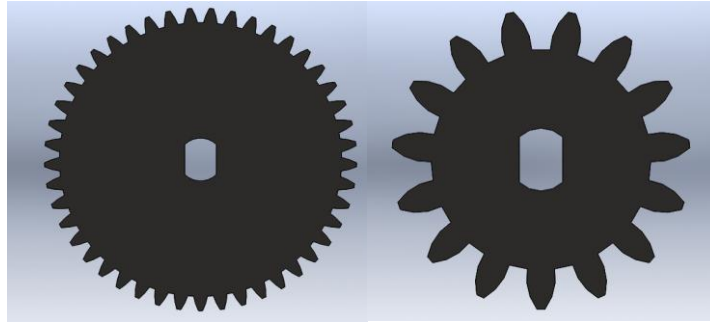


Figura 28. Piñón y engranaje

Se procede entonces a diseñar los ejes y a realizar el respectivo ensamblaje junto a los motores que fueron descargados de la librería de Grabcad.com, como se puede observar en la siguiente figura.

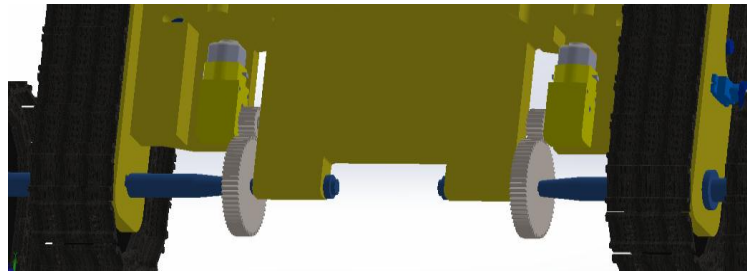


Figura 29. Ensamble transmisión

XVIII.V UBICACIÓN Y PROTECCIÓN DE DISPOSITIVOS

Las medidas de la base donde van ensamblados todos los dispositivos debe ser un poco más grande que la suma de las medidas de los mismo, con la intención de que en un futuro se realicen modificaciones o a de adicionar nuevos elementos al sistema, además se define el material de construcción de la base y del chasis como acrílico ya que cuenta con la característica de tener buena resistencia a la intemperie en exteriores. El Kinect, por su lado, mide 33,3 cm de largo y 27,4 cm de ancho, agregado a esto se le da espacio al circuito de potencia que se ensambla en el cilindro donde se acopla el chasis con la carrocería y su respectiva protección mediante una tapa tipo “domo” con un material plástico transparente (polietileno de baja densidad), al circuito de control, que en este caso es la Raspberry Pi, se le agrega una protección (caja de polietileno de baja densidad) y es instalada en el espacio que se indica en la figura xx, al igual que los

dispositivos que corresponden al circuito de comunicación. Hay que resaltar que la ubicación del Kinect es muy importante ya que los primeros 35 cm por delante de la cámara no son analizados óptimamente, por tanto se propone instalarlo en la parte trasera, de tal modo que se pueda compensar esta característica, además se agrega un circuito de iluminación mediante leds que son instalados en la parte delantera de la carrocería donde se realiza una perforación para que dos cristales (pantalla reflectora para iluminación) se instalen fácilmente. Es necesario aclarar que el Kinect se descargó de la página Grabcad.com con las medidas reales y la Raspberry Pi se obtuvo de la librería de SolidWorks llamada 3D contentCentral.

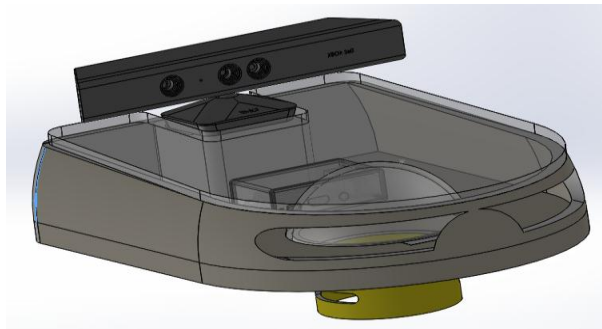


Figura 30. Carrocería

Finalmente se ensamblan todos los componentes descritos con anterioridad para así obtener el diseño estructural completo.

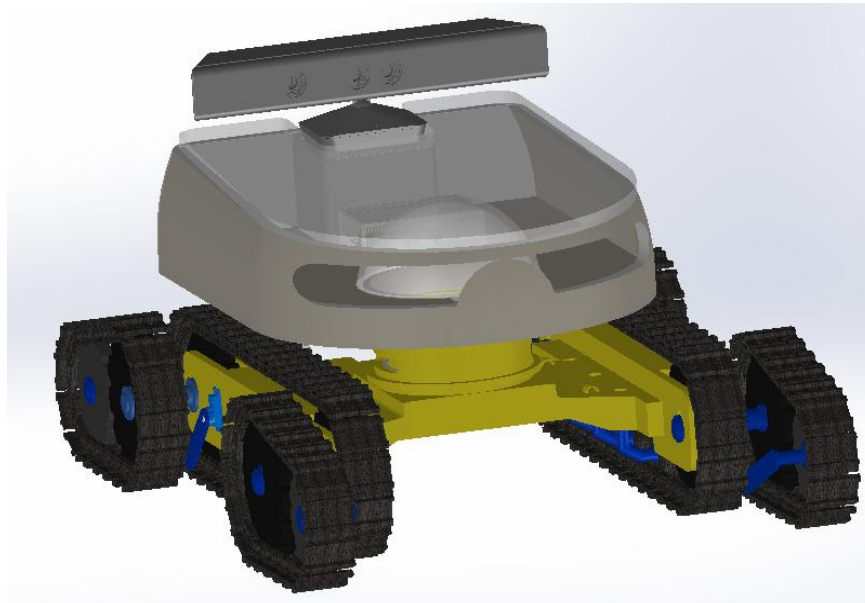


Figura 31. Estructura mecánica completa

XIX. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En base a la complejidad del proyecto y a los resultados que se esperan obtener con la implementación de un robot para el rastreo y localización de personas, hubo que recurrir a muchas fuentes de información y mejorar en muchas oportunidades la idea que se había desarrollado, logrando alcanzar un punto donde la labor a desempeñar y el rendimiento que presenta el sistema están equilibrados y listos para ser implementados, pues si bien es cierto que la tarea de diseñar un robot autómatas no es nada sencilla, se logró concebir una idea mucho más estructurada y con bases más sólidas que hacen del anterior diseño una herramienta útil, eficaz y con las aptitudes necesarias para lograr navegar por terrenos cambiantes de desastre, por lo mismo se implementaron diferentes sistemas electrónicos avanzados que permiten una comunicación y movilidad apropiada para la tarea que se va a desempeñar; ahora bien, es muy cierto que la comunicación y toma de decisiones de un mecanismo que se encuentra en terrenos peligrosos es complicada, se propuso una solución mediante la integración de un kinect para el mapeo, navegación e identificación de personas gracias a sus características como sensor, conjuntamente acoplado a un sistema de control, RaspBerry Pi, que es el encargado de analizar y seleccionar la información que brinde el kinect, y para lo cual se ha decidido implementar de manera conjunta a Raspbian (RaspBerry Pi con un sistema operativo Linux), el sistema operativo ROS con el fin de solucionar problemas de alta complejidad como lo es el mapeo y localización del Robot en el terreno explorado, también para hacer más óptimo el proceso de identificación y clasificación de objetos, además de hacer mucho más simple la tarea de lograr hacer interactuar de manera conjunta todos los elementos seleccionados, pues bien, ROS como sistema operativo y middleware tiene el propósito principal de minimizar códigos e implementar paquetes específicos que logran eliminar muchas barreras de programación y tratamiento de información que por otro medio sería muy tedioso; por otra parte, y con el fin de tener mayor control sobre el robot, se ha optado por implementar un sistema de radiofrecuencia desde un ordenador remoto para garantizar la tarea de exploración debido a que la complejidad del medio puede llegar a afectar de manera significativa la toma de decisiones del autómatas produciendo un retraso en la labor de detección de víctimas, por lo tanto se decidió usar Xbee para transmitir información bidireccional entre robot y ordenador como lo son imágenes cada determinado tiempo, y órdenes de movilidad del robot por medio del ordenador, todo esto se pensó en base al objetivo principal del robot el cual es aminorar el tiempo de localización de víctimas.

La elección de un sistema de tracción por orugas de goma se hizo porque de esta manera se aumenta la superficie de contacto en comparación con las 4 ruedas convencionales y esto disminuye la presión que el robot ejerce sobre el terreno, característica que añade valor extra al diseño, además de que la eficiencia de tracción se encuentra alrededor del 90 % ya que la goma es un material con alto coeficiente de fricción con respecto a la tierra, cemento, ladrillo, puede ser procesado en una impresora 3D y en general permite buen agarre y así evitar deslizamientos que complica a la solución de SLAM.

La elección del acrílico para el diseño del chasis y la carrocería se hizo porque este material tiene propiedades ópticas que le permiten ser visualizado con mayor facilidad por una persona, resistencia a la intemperie que es fundamental para el ejercicio de exploración, buena resistencia mecánica, su densidad es 43% la del aluminio, lo que le permite ser liviano y permite ser reformado fácilmente (tallado, pulido, lijado, cortado y perforado) con una cortadora láser, además de que es de fácil adquisición en el mercado.

Se elige el polietileno para el diseño de los brazos, parte del sistema de suspensión y ruedas ya que este es liviano, tiene alta resistencia al impacto, resistencia química y térmica, buena dureza, fácil adquisición en el mercado y se puede procesar por inyección, extrusión o impresora 3D.

El material con el que se diseña los engranajes es el ABE (acrilonitrilo-butadieno-estireno) ya que es liviano y tiene alta resistencia al rayado, lo que le da mayor tiempo de utilizad y además es un material que puede ser procesado con una cortadora láser.

Aunque los motores de tracción tienen un torque de 6 Kg/cm, se tuvo que diseñar un sistema de transmisión de relación 3:1 para aumentar un poco más el torque y así mejorar el rendimiento de navegación. Los cálculos que se hicieron son los siguientes:

$$M = \frac{D}{2N} : \text{Donde } M \text{ es el módulo, } N \text{ es el número de dientes y } D \text{ es el diámetro}$$

Se ensambló los motores para que convenientemente la distancia entre el centro del eje de rotación de los motores y el de las ruedas sea de 40 mm, de esta manera, el diámetro del engranaje sujeto al eje de la rueda debe ser de 60 mm y el diámetro del engranaje sujeto al motor es de 20 mm, también se define el número de dientes de este último engrane para una cantidad de 15. Se procede a calcular el módulo.

$$\square = \frac{15}{20} = \frac{3}{4}$$

Para asegurar que exista transmisión de potencia, ambos módulos deben ser iguales, por tanto se procede a calcular el número de dientes del engranaje de diámetro 40 mm:

$$\square = \frac{3}{4} * 40 = 30$$

El cálculo del consumo total si todos los dispositivos estuvieran encendidos fue el siguiente:

DISPOSITIVO	CONSUMO EN mA
KINECT	2670
RASPBERRY PI	350
SERVOMOTOR	800
MOTORREDUCTOR DC 6	600
XBEE	350
SENSOR DE GAS MQ-135	150
SENSOR DE GAS MQ-7	70
OPTOACOPLADOR	30
DIODO RECTIFICADOR	20
LED DE 1W	200
CONSUMO TOTAL	5240

Se procede a realizar la sumatoria de consumo con las diferentes combinaciones entre dispositivos que pueden estar activos al mismo tiempo y se elige la mayor:

DISPOSITIVO	CONSUMO EN mA
KINECT	2670
RASPBERRY PI	350
MOTORREDUCTOR DC 6	600
XBEE	350
OPTOACOPLADOR	30
DIODO RECTIFICADOR	20
CONSUMO TOTAL	4020

De esta manera se realiza el cálculo de la autonomía energética, partiendo del hecho de que la batería es de 9000 mAh y se alizar el siguiente cálculo:

$$\square\square = \frac{9000}{4020} = 2\square 14\square\square\square$$

CONCLUSIONES

Se concluye que este sistema en general cuenta con las características para desenvolverse de manera autónoma por terrenos desconocidos y cumple los objetivos planteados, además de que se aportaron valores agregados y especificaciones concretas a la hora de realizar una futura construcción e implementación.

El diseño de este sistema permitió apropiarse del conocimiento que durante toda la carrera se adquirió para aplicarlos y realizar una sinergia de ramas de la ingeniería como lo es la instrumentación para acondicionar señales, el procesamiento digital de imágenes para entender el funcionamiento del Kinect, programación para definir parámetros y los algoritmos que deben ejecutar los sistemas microprocesados y microcontrolados como la raspberry, Arduino y Matlab, diseño asistido por computador para modelar la estructura mecánica en base a los requerimientos y los dispositivos que se deben ensamblar, física para tener en cuenta los aspectos ambientales, estructurales, estáticos y dinámicos que el robot debe soportar, matemáticas que están embebidas en todos los campos, electrónica para reconocer y entender el funcionamiento de la mayoría de dispositivos que se plantearon a utilizar, propiedades de los materiales para determinar los materiales de construcción de la estructura mecánica, telemetría para el diseño del sistema de comunicación y mecanismos para el diseño del sistema de maniobra para atascos. Además de permitir conocer en cada uno, las competencias investigativas y de trabajo en equipo y de dejar una puerta abierta a la construcción, investigación y mejoramiento de este robot.

RECOMENDACIONES

Para el diseño de engranajes se recomienda utilizar el toolbox que ofrece SolidWorks ya que el cálculo de los diferentes parámetros de diseño, basados en libros tanto prácticos como teóricos es algo complejo y la utilización de herramientas que disminuyan el tiempo de procesos es importante para la actualización del conocimiento y la mejora en otros aspectos.

Se recomienda utilizar las librerías on-line que ofrece Solidworks y su gran comunidad de diseñadores, así como la de Grabcad.com para realizar una mejor presentación en los diseños a la hora de utilizar elementos que se deben comprar, además de que la visualización a escala de los ensambles teniendo en cuenta todos los dispositivos y elementos adicionales, permiten una mejor simulación y se convierte en puntos referencia para determinar si el diseño estructural en realidad cumple con las especificaciones dadas

A la hora de realizar la el procesamiento de las imágenes para reconocer personas, se recomienda alojar la base de datos y realizar la comparación con un KNN en un monitor remoto utilizando Matlab, ya que si se realiza en la Raspberry, es posible que disminuya la velocidad de procesamiento para la solución de SLAM y la navegación del robot.

PRESUPUESTO

COTIZACIÓN				
SERVICIO, DISPOSITIVO O MATERIAL	COSTO/U	CANTIDAD	COSTO T	DIRECCIÓN
KINECT	\$ 291,515.04	1	\$ 291,515.04	https://www.microsoftstore.com/store/msusa/en_US/pdp/Kinect-Sensor-for-Xbox-One/productID.2267482500
RASPBERRY PI	\$ 160,000.00	1	\$ 160,000.00	https://dualtronica.com/raspberry-pi/263-raspberry-pi-3-model-b.html?search_query=raspberrypi&results=14
SERVOMOTOR	\$ 8,500.00	4	\$ 34,000.00	http://www.artemecatronica.com/product/servo-motor-sg90g
MOTORREDUCTOR DC 6 Kg/cm	\$ 40,000.00	2	\$ 80,000.00	https://dualtronica.com/motores/63-motorreductor-12v-32-rpm.html?search_query=motorreductor&results=4
GOMA PARA ORUGA kg	\$ 6,406.35	2	\$ 12,812.70	glass-3D-Printer-Filament-Acid-Alkaline-Resistant-1-75mm-3mm-1kg-
LAMINA DE ACRILICO kg	\$ 9,649.12	4	\$ 38,596.48	https://spanish.alibaba.com/g/10mm-acrylic-sheet.html
POLIETILENOkg	\$ 4,651.55	6	\$ 27,909.30	http://www.donramis.com.mx/precios.php
ARDUINO UNO	\$ 25,000.00	1	\$ 25,000.00	https://dualtronica.com/arduino/12-arduino-uno-r3-con-cable-usb.html?search_query=arduino+uno&results=5
CABLE UTP			\$ -	
XBEE	\$ 93,294.46	2	\$ 186,588.92	https://www.digikey.com/product-detail/en/digi-international/XBP24CZ7WITB003/602-1862-ND/5322884?WT.z_cid=ref_neda_dkc_buynow_digiintl
LDR	\$ 1,000.00	1	\$ 1,000.00	Industrias electrónicas Tesla (CI 16 # 5-55) - Pereira-Risaral
SENSOR DE GAS MQ-135	\$ 12,000.00	1	\$ 12,000.00	https://dualtronica.com/sensores/74-sensor-mq2-gl-p-propano-metano.html
SENSOR DE GAS MQ-7	\$ 12,000.00	1	\$ 12,000.00	natural-y-gl-p.html?search_query=SENSOR+DE+GAS+&results=1
SERVICIO CORTADORA LASER / min	\$ 400.00	82	\$ 32,800.00	Universidad Tecnológica de Pereira - Mecánica
SERVICIO TORNO	\$ 20,000.00	1	\$ 20,000.00	Universidad Tecnológica de Pereira - Mecánica
SERVICIO IMPRESORA 3D/h	\$ 5,000.00	10.5	\$ 52,500.00	Universidad Tecnológica de Pereira - Mecánica
BATERÍA RECARGABLE + CARGADOR	\$ 134,750.59	1	\$ 134,750.59	http://www.securame.com/bateria-recargable-litio-12v-9000mah-ysd12900-larga-duracion-con-cargador-p-500.html
ALAMBRE PARA CUERDA MUSICAL (Kg)	\$ 48,000.00	0.25	\$ 12,000.00	http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-443920280-alambre-cuerda-piano-050mm-x-5-libras- JM
CAPACITORES	\$ 500.00	10	\$ 5,000.00	Industrias electrónicas Tesla (CI 16 # 5-55) - Pereira-Risaral
RESISTENCIAS	\$ 100.00	15	\$ 1,500.00	Industrias electrónicas Tesla (CI 16 # 5-55) - Pereira-Risaral
RELÉ	\$ 1,500.00	4	\$ 6,000.00	Industrias electrónicas Tesla (CI 16 # 5-55) - Pereira-Risaral
OPTOACOPLADOR	\$ 1,000.00	4	\$ 4,000.00	Industrias electrónicas Tesla (CI 16 # 5-55) - Pereira-Risaral
DIODO RECTIFICADOR	\$ 200.00	4	\$ 800.00	Industrias electrónicas Tesla (CI 16 # 5-55) - Pereira-Risaral
BAQUELA (20X20) cm	\$ 4,000.00	2	\$ 8,000.00	Industrias electrónicas Tesla (CI 16 # 5-55) - Pereira-Risaral
ESTAÑO (metro)	\$ 1,000.00	1	\$ 1,000.00	Industrias electrónicas Tesla (CI 16 # 5-55) - Pereira-Risaral
PASTA PARA SOLDAR	\$ 6,000.00	1	\$ 6,000.00	Industrias electrónicas Tesla (CI 16 # 5-55) - Pereira-Risaral
LED DE 1W	\$ 2,400.00	4	\$ 9,600.00	http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-440860925-luz-led-diodo-alta-potencia-g4-1w-blanca-calida-zafiro- JM
		TOTAL	\$ 1,175,373.03	

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, Datos del país que fueron depurados por el DNP, 3.181 muertos y 12,3 millones de afectados: las cifras de desastres naturales entre 2006 y 2014, 25 de Mayo de 2015, Disponible en www.dnp.gov.co
- [2]. SUTTER D. John, Los Robots de ayuda en desastres, una consecuencia del 11-S, el ataque a las torres gemelas significó el inicio de estas máquinas para responder a situaciones de desastre; Miércoles 7 de Septiembre 2011, para mayor información disponible en <http://expansion.mx/tecnologia/2011/09/07/los-robots-de-ayuda-en-desastres-una-consecuencia-del-911>.
- [3]. VECNA ROBOTICS, Bear featured on BotJunkie <<https://www.vecna.com/bear-featured-on-botjunkie/>>, 21 de Agosto de 2009.
- [4]. ENGADGET, Los bomberos de Yokohama incorporan un robot de rescate, <<http://es.engadget.com/2009/03/02/los-bomberos-de-yokohama-incorporan-un-robot-de-rescate/>>, 02 de Marzo de 2009.
- [5]. EL TIEMPO, RET, un súper robot explorador hecho de chatarra, <<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15971916>>, 19 de Junio de 2015.
- [6]. CONGOTE GUTIÉRREZ, Nicolás, El “Curiosity” Colombiano hecho por estudiantes de los Andes, Jóvenes participaron en un concurso de robótica en Polonia. Su propuesta se denomina Deimos, 26 de Agosto de 2014.
- [7]. DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA, Capítulo 1, Procesamiento digital de imágenes, [en línea], <<http://dea.unsj.edu.ar/imagenes/recursos/Capitulo1.pdf>>
- [8]. Dr. Boris Escalante Ramírez. Procesamiento Digital de Imágenes. [en línea]. <<http://verona.fi-p.unam.mx/boris/teachingnotes/Introduccion.pdf>>. [citado en 15 mayo de 2017]
- [9]. ROS, What is ROS?, [en línea]. <<http://www.ros.org/about-ros/>>. [citado en 12 abril de 2017].
- [10]. MICROSOFT, KINECT, tool and resources <http://www.xbox.com/es-ES/xbox-one/accessories/kinect>

- [11]. RASPBERRY Pi, Datasheet, [En línea] <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/RPI-CM-DATASHEET-V1_0.pdf>, Octubre de 2016.
- [12]. XBee.cl, ¿Qué es XBee?, información en línea, <<http://xbec.cl/que-es-xbee/>>, Webside.
- [13]. Arduino, What is Arduino?, [En línea] <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>; Arduino uno & genuino uno, [En línea] <<https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>> .
- [14]SLAM- SLAM ESTADO DEL ARTE, Federico Andrade, Martin Llofriu, MINA, Network management artificial intelligence, Montevideo, Uruguay.
- [15]. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA-URUGUAY, SLAM estado del arte, NAVEGACIÓN AUTOMÁTICA
- [16]. Electrónica-electronics.LDR- Resistencia dependiente de la luz Fotorresistencia. [en línea].<<https://electronica-electronics.com/info/LDR-fotorresistencia.html>>.[citado en 23 de abril de 2017]
- [17]. Uriel Mendez. Cómo funcionan los sensores de gas ?. [en línea].<<https://www.330ohms.com/blogs/blog/sensores-de-gas-como-funcionan>>.[citado en 23 de abril de 2017].
- [18].Ingeniero Picerno. Amplificador de potencia de audio. [en línea]. <<http://electronicaCompleta.com/lecciones/amplificador-de-potencia-de-audio/>>.[citado en 23 abril de 2017].
- [19].Electrónica Corpostar. PackBot “El robot táctico multimisión”. [en línea]. <<http://www.circuitoselectronicos.org/2008/12/packbot-el-robot-mvil-tctico-multimisin.html>>. [Citado en 20 de abril de 2017].